

DÉPARTEMENT DE GÉOMATIQUE APPLIQUÉE
Faculté des lettres et sciences humaines
Université de Sherbrooke

TITRE DU MÉMOIRE :
**LA GESTION ET LE PARTAGE DES DONNÉES DES SENTIERS RÉCRÉATIFS
CANADIENS — UNE NOUVELLE NORME DES DONNÉES INTÉGRÉE À UN SIG WEB**

Par
SIMONE DANIELLA MORETTI

Mémoire présenté pour l'obtention du grade Maître en sciences géographiques (M.Sc.),
cheminement géomatique

Avril 2018

© Simone Moretti, 2018

Mickaël Germain, Directeur de recherche, Professeur au Département de géomatique appliquée

Goze Bertin Béné, évaluateur interne, Professeur au Département de géomatique appliquée

Kim Dung Tran, évaluatrice externe, Géomaticienne à la Société de Transport Laval

Résumé/Abstract

Le Québec, comme l'ensemble du Canada, compte un vaste réseau de sentiers récréatifs. Les personnes qui désirent réaliser des activités sur ces sentiers ont souvent pour défi de trouver des sources d'information fiables pour leur besoin de planification. Selon le type d'activité, ou la région à visiter, les informations sont bien souvent incomplètes et dispersées à travers divers organismes. Dans cette optique, l'organisme Canada Hippique, à travers l'organisme québécois Cheval Québec, s'est intéressé au développement d'un système d'information géographique (SIG) unique permettant de rassembler les données des sentiers, de les rendre accessibles aux utilisateurs et de fournir des informations de rétroaction aux gestionnaires.

Le présent travail repose sur le développement d'un nouveau schéma *Geographic Markup Language* (GML), et d'un prototype de système d'Information géographique sur le Web (SIG Web) dédié à la gestion et à la diffusion des données géographiques relatives aux sentiers récréatifs canadiens. Cette recherche a comme mission de permettre la cartographie Web des données géospatiales des sentiers produits par les différents partenaires, mais aussi une meilleure interopérabilité des données et une plus grande pérennité du système créé.

Le document présente comme résultat principal le nouveau schéma GML pour la gestion des données en lien avec les sentiers récréatifs, appelé *Trail Geographic Markup Language* (*TrailGML*), et la présentation d'un prototype de SIG Web pour la diffusion et l'affichage des données.

Mots Clés : GML, Sentiers récréatifs, Géomatique, Normalisation

Table des matières

Liste des figures.....	ii
Liste des tableaux.....	iv
Liste des annexes.....	v
Liste des abréviations et sigles	vi
Remerciments.....	vii
1. Introduction.....	1
2. Contexte et problématique	2
2.1. La gestion des sentiers récréatifs	8
3. Objectifs et hypothèse	12
4. Matériel et région d'étude	13
5. Méthodologie	13
5.1. Revue bibliographique	14
5.2. Analyse des besoins du partenaire	15
5.3. Analyse des systèmes de classification des sentiers	18
5.4. Acquisition des données	21
5.5. Modélisation du schéma d'application en UML et la création du GML	24
5.6. Système de gestion de base de données	31
5.7. Le serveur cartographique	34
5.8. L'interface cartographique Web	35
5.9. Analyse des résultats, conclusions et recommandations	36
6. Résultats	36
6.1. La norme <i>TrailGML</i>	36
6.2. Le prototype de l'interface cartographique Web	46
7. Discussion des résultats et conclusion	58
8. Références	62

Liste des figures

Figure 1 : Les codes XML et GML affichés sur le navigateur Web.....	6
Figure 2 : Diagramme méthodologique.....	14
Figure 3 : Le réseau de sentiers de Mascouche.....	22
Figure 4 : Le réseau de sentiers de Bonniebrook.....	23
Figure 5 : Le réseau de sentiers de Mirable	24
Figure 6 : Les principaux éléments du modèle UML.....	26
Figure 7 : Exemples de listes de codes dans le diagramme UML.....	29
Figure 8 : Exemples d'énumérations dans le diagramme UML.....	30
Figure 9 : Exemples de type de données personnalisées dans le diagramme UML.....	31
Figure 10 : Les tables de la base de données créées dans PostgreSQL/PostGIS.....	33
Figure 11 : L'utilisation du <i>TrailGML</i> dans le serveur cartographique Web.....	34
Figure 12 : Extrait du début du fichier XDS de la norme <i>TrailGML</i>	37
Figure 13 : La représentation de la classe segmente de sentier dans le schéma d'application UML	38
Figure 14 : La classe segmente de sentier (<i>trail segment</i>) en format GML.....	39
Figure 15 : L'interface cartographique Web.....	47
Figure 16 : L'interface appartenant au club équestre de Mirabel.....	48
Figure 17 : la fenêtre <i>poup-us</i> interactive.....	49
Figure 18 : Les différentes options de fonde de carte.....	50
Figure 19 : L'affichage des tracés des sentiers.....	50
Figure 20 : Couche WMS de Environnement Canada pour la quantité de précipitation.....	51
Figure 21 : Couche WMS de Environnement Canada pour le modèle de précipitation.....	52
Figure 22 : Couche WMS de Environnement Canada pour les données de température.....	53
Figure 23 : Menu travel — fonctionnalité prévue de l'interface cartographique Web	53
Figure 24 : L'outil explore	54
Figure 25 : L'outil mesure	55

Figure 26 : L’outil draw	56
Figure 27 : Exemple d’affichage des informations d’élévation sur la carte et son correspondant en graphique de variation du relief.....	56
Figure 28 : Exemple d’affichage des informations travers google street view.....	57
Figure 29 : Le menu print	58
Figure 30 : Les entités créées pour accueillir les méthadones des autres catégories d’activités développées sur sentier.	59

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nombre de sentiers officiels au Canada en 2010, selon son utilisation.....	9
Tableau 2 : Liste des partenaires provinciaux et territoriaux.....	16
Tableau 3 : Les opportunités et les défis du projet.....	17
Tableau 4 : Les demandes pour l'interface cartographique Web.....	18

Liste des Annexes

Annexe 1 — Liste des entités et attributs choisis	65
Annexe 2 — Le schéma d'application UML.....	73

Liste des abréviations et des sigles

AE — Architecture des entreprises
API - Application Programming Interface
CityGML - City Geographic Markup Language
CNS - Coalition nationale des sentiers
CRSNG - Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
CSTA - *Canadian Sport Tourism Alliance*
CTF - *Canadian trails Federation*
E-GOV - *Electronic Government*
FGDC - Federal Geographic Data Committee
FRQNT - Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies
GeoSciML - *GeoScience Markup Language*
GIF - *Graphic Interchange Format*
JSON - *JavaScript Object Notation*
GML - *Geographic Markup Language*
ISO - *International Organisation for Standardization*
JPG - *Joint Photographic Experts Group*
KML - Keyhole Markup Language
MTQ - Ministère du Transport du Québec
NTC - *National Trails Coalition*
OCC - *Outdoor Council of Canada*
OGC - Open Geospatial Consortium
OQLF - Office québécois de la langue française
PNG - *Portable Network Graphic*
SAAQ - Société de l'assurance automobile du Québec
SGBD - Système de Gestion de Base de Données
SIG - Système d'Information Géographique
SIG Web - Système d'Information Géographique sur le Web
SQL - Structured Query Language
SVG - *Scalable Vector Graphics*
RDPS - Système de prédiction déterministe régional
TrailGML - Trail Geographic Markup Language
UML - Unified Modeling Language
WFS - Web Feature Service
WMS - Web Map Service
XML — *Extensible Markup Language*
XSD — XML Schema Definition
XSLT — *l'extensible stylesheet language transformations*

Remerciements

J'aimerais d'abord remercier les organismes partenaires « Cheval Québec » et « Equine Canada » pour la proposition de cette recherche et tout l'appui nécessaire à son développement.

Au Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et le Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQNT) et aux organismes partenaires pour le financement de la recherche par l'octroi d'une bourse de recherche en milieu de pratique — BMP Innovation.

À l'Université de Sherbrooke, et au Département de Géomatique appliquée pour m'avoir fourni tout le nécessaire au développement de la recherche et la formation à la maîtrise en sciences géographiques.

À mon directeur Mickael Germain pour tout son support et les corrections tout au long de la maîtrise.

Et à toutes les personnes qui de façon directe ou indirecte m'ont permis d'arriver à la fin de cette aventure académique.

1. Introduction

L'apport des technologies Web et la normalisation font que les données géolocalisées sont de plus en plus présentes dans la vie de tous les jours. L'arrivée du Web 2.0 a permis de ne plus limiter les systèmes d'information géographique (SIG) aux simples logiciels classiques (*desktop*), étirant les limites de la science de l'information géographique et permettant aux personnes de passer de consommateur à producteur d'information (Mericskay *et al*, 2011).

L'augmentation de l'interactivité du grand public avec les données géospatiales soulève des questions et des problèmes concernant la documentation, la précision, les spécifications, mais surtout concernant la gestion et le partage de l'information. Plusieurs nouveaux formats de fichiers et de nouvelles méthodes ont été développés, sans avoir une garantie de comptabilité entre eux. Quand on parle de l'utilisation des informations géospatiales par des organismes ou des gouvernements, cela devient un problème en raison d'un manque de compatibilité, et une difficulté dans le partage (Mericskay *et al*, 2011).

La présente recherche vise à encourager l'utilisation d'un seul langage commun pour la gestion des données géographiques, appelée *Geographic Markup Language* (GML). Ce langage générique permet une meilleure cohabitation des données provenant de différents acteurs qui travaillent avec des données qui pourraient être complémentaires. Plusieurs schémas d'application GML thématique ont déjà été développés, comme *City Geographic Markup Language* (CityGML) pour la modélisation des villes, et *GeoScience Markup Language* (GeoSciML) pour la modélisation de données géologiques.

Dans cette optique, cette recherche vise à étendre l'utilisation du GML à travers le développement d'un schéma d'application GML dédié à la gestion et à la diffusion des données géographiques et non géographiques relatives aux sentiers récréatifs. Ce nouveau schéma d'application devra être présenté à travers un prototype d'interface cartographique Web.

Cette initiative vise à encourager la cohabitation de diverses activités sur les sentiers comme la randonnée pédestre, l'équitation, etc. organisés par différents organismes. Elle s'intéresse aussi et surtout à promouvoir l'industrie du tourisme des loisirs et le tourisme sportif sur l'ensemble du territoire canadien en faisant connaître aux utilisateurs des alternatives et de nouvelles options d'activités récréatives.

Le nouveau schéma d'application GMLest une proposition qui englobe la modélisation de la plupart des activités et les équipements présents sur les sentiers en raison du souhait qu'il soit reconnu comme la norme pour la modélisation et le partage des données thématiques reliées aux sentiers récréatifs. Pour faciliter la gestion de cette donnée, le prototype de l'interface cartographique Web est prêt à recevoir l'ensemble des données du territoire canadien, mais aux fins de ce projet, le prototype est restreint au territoire québécois et aux données reliées au domaine équestre provenant du partenaire « Québec à Cheval » et de trois de ses clubs équestres membres.

2.Contexte et problématique

Le Web a connu une grande croissance depuis les années 1990. L'augmentation du nombre d'utilisateurs et un changement dans la nature des applications développées ont permis la création de nouvelles approches pour l'accès aux données géographiques. La plus grande convivialité et la facilité de développement d'applications ont permis aux individus, et aux communautés de créer, de développer et de partager des informations géographiques de façon innovatrice et collaborative (Haklay *et al.*, 2008).

La création du Web 2.0 a permis la représentation, la manipulation et l'analyse géographique au-delà des SIG classiques (*desktop*). La convivialité et l'interactivité ont permis aux utilisateurs avec peu de connaissances techniques de s'approprier de nouvelles fonctionnalités du Web, pouvant maintenant interagir et contribuer à l'échange d'information de façon plus simple (Mericskay & Roche, 2010).

Selon Mericskay *et al* (2010), le Web a transformé l'utilisation de la géomatique. Traditionnellement réservée à des spécialistes, elle s'est démocratisée, évoluant au rythme de l'informatique et de l'Internet, donnant naissance au GeoWeb.

*« La convergence du Web et des technologies géospatiales est venue bouleverser la conception et l'usage de l'information géographique en offrant la possibilité au grand public d'interagir avec les cartes et les données. D'un côté, les technologies géospatiales se combinent dans une perspective de complémentarité (interopérabilité, systèmes de géolocalisation, etc.). De l'autre, les usages du Web 2.0 évoluent vers des formes plus matures de participation selon des logiques de partage de l'information et de travail collaboratif. » (Mericskay *et al* (2010, p. 229).*

Le résultat de cette démocratisation de la géomatique est une augmentation sans précédent de la quantité des données produites, ce qui pose de multiples problèmes de compatibilité.

« Les référentiels spatiaux des données doivent être explicités pour que les données soient compatibles et combinables entre elles. Les descriptions des métadonnées doivent être standardisées pour faciliter les recherches des utilisateurs. Enfin les formats des données elles-mêmes doivent être interopérables afin qu'un utilisateur puisse combiner des données issues de différentes sources, de plus en plus au moyen de services Web, c'est-à-dire de flux de données géospatiales standardisés » (Joliveau, 2011, p. 157).

Le manque de communication des données est un grand enjeu pour la géomatique et différentes initiatives sont proposées pour que les données deviennent interopérables. L'interopérabilité est la capacité des systèmes hétérogènes à échanger des données et des instructions afin de fournir des services en temps réel. Cela doit comprendre aussi une compatibilité entre les systèmes au fil du temps. Le manque d'interopérabilité empêche le partage et l'utilisation effective et combinée des sources des données, modèles et processus interdisciplinaires. Cela fait que les organisations dépensent beaucoup plus que nécessaire sur le développement des technologies de l'information géospatiale (Percivall, 2010; McKee, 2005).

La fondation de l'*Open Geospatial Consortium* (OGC) en 1994 a fait progresser le développement des normes internationales et l'interopérabilité des systèmes, permettant la collaboration entre les développeurs et les utilisateurs de données géospatiales. Une norme de l'OGC est un protocole détaillé qui présente les règles et les lignes directrices visant au degré

optimal d'interopérabilité des données d'un domaine spécifique (Reed, 2014). La mise en place des services géospatiaux Web comme le *Web Map Service* (WMS) et le *Web Feature Service* (WFS) par l'OGC ont facilité l'accès et la connexion aux bases de données diffusées à travers le Web. Cela signifie une connexion aux données géographiques sans avoir le besoin de les télécharger et de les héberger localement (Tang & Selwood, 2003; Lu, C. T, 2007).

La norme WMS diffuse l'entité géographique dans le format image reconnu par le navigateur Web, comme *Portable Network Graphic* (PNG), *Graphic Interchange Format* (GIF), *Joint Photographic Experts Group* (JPEG). Pour cela, le serveur cartographique transforme l'information vectorielle en une image matricielle, formée de pixels. La norme WFS diffuse les entités géographiques sous sa forme vectorielle originale, préservant ses caractéristiques géométriques et descriptives (OGC, 2010a).

Une entité géographique est une abstraction du monde réel utilisé pour représenter un phénomène qui est associé à un emplacement par rapport à la Terre. Une entité est définie par un ensemble d'attributs descriptifs de plusieurs types, comme nom, valeur, type simple (ex. *integer*, *real*, *string*, *booléen*, etc.) ou complexe (ex. : un ensemble de *integers*), de la géométrie (OGC, 2010b). Plusieurs types de langages comme le *Keyhole Markup Language* (KML), *JavaScript Object Notation* (GeoJSON), ou encore le GML peuvent être diffusés par le WFS, mais le GML a l'avantage d'être le plus complet pour la représentation des entités géographiques simples (*simple feature*). Une entité simple est une information spatiale reliée à des attributs descriptifs, n'ayant pas de liens avec d'autres entités. Ces entités indépendantes ne sont pas toujours suffisantes pour gérer les informations thématiques. Dans ce cas, l'utilisation du GML pour la création des entités géographiques complexes (*complex features*) peut répondre à ce besoin. Les entités complexes ont des propriétés qui peuvent contenir des propriétés imbriquées, soit des entités reliées à d'autres entités, formant une collection d'objets connexes de différents types (Geoserver, 2015).

L'intérêt principal du GML est son ouverture et sa souplesse pour représenter la diversité des objets spatiaux pour différentes thématiques en lien avec les sciences géographiques. Selon les exigences du domaine d'application, les concepteurs peuvent étendre le schéma de base afin

de créer un schéma beaucoup plus détaillé pour représenter une thématique spécifique. La description logique de ce langage, appelé également schéma *Extensible Markup Language* (XML), est ouverte. C'est un format indépendant d'un fournisseur ou d'un logiciel, permettant l'interopérabilité des données sans contraintes propriétaires (Cox, 2008; Gröger *et al*, 2012; Lu, Dos Santos, 2007).

Le GML offre aussi la possibilité aux utilisateurs de visualiser et interroger les cartes directement dans le navigateur Web standard, sans avoir besoin de faire l'acquisition de logiciels de SIG professionnels (Cosma, 2004, p.14). Si l'utilisation du XML permet au navigateur Web d'afficher les informations sous la forme de balises textuelles, le GML permet au navigateur d'afficher des cartes de format vectoriel de haute qualité.

La figure 1, élaborée par Cosma (2014) permet de visualiser ces différences. La première partie de l'image (section a) présente un extrait du fichier XML. Sa mise en page se fait à l'aide du fichier *Scalable Vector Graphics* (SVG) permettant au navigateur Web d'afficher les informations textuelles stylisées avec des alignements et couleurs. Le SVG permet de présenter les éléments géographiques en deux dimensions graphiques avec de l'animation et de l'interactivité (Ye *et al* 2005). La deuxième partie (section b) montre la transformation de ce fichier XML en GML à travers l'appel de la grammaire GML. Cette transformation permet de supporter les géométries et coordonnées géographiques. Sa stylisation à travers le SVG à l'aide de *l'extensible stylesheet language transformations* (XSLT) permet l'affichage des polygones et informations textuelles de façon similaire à un logiciel SIG dans le navigateur Web.

Cette approche présente une série d'avantages si on la compare à l'approche de l'affichage des cartes Web avec des images GIF, PNG ou JPEG sur des navigateurs Web ou d'autres outils de visualisation. Les cartes générées par l'interprétation du GML sont d'une grande qualité visuelle, pouvant être affichées dans des résolutions très détaillées et avec les informations descriptives associées. De plus, le style des données peut être personnalisé instantanément à travers la création de feuilles de style.

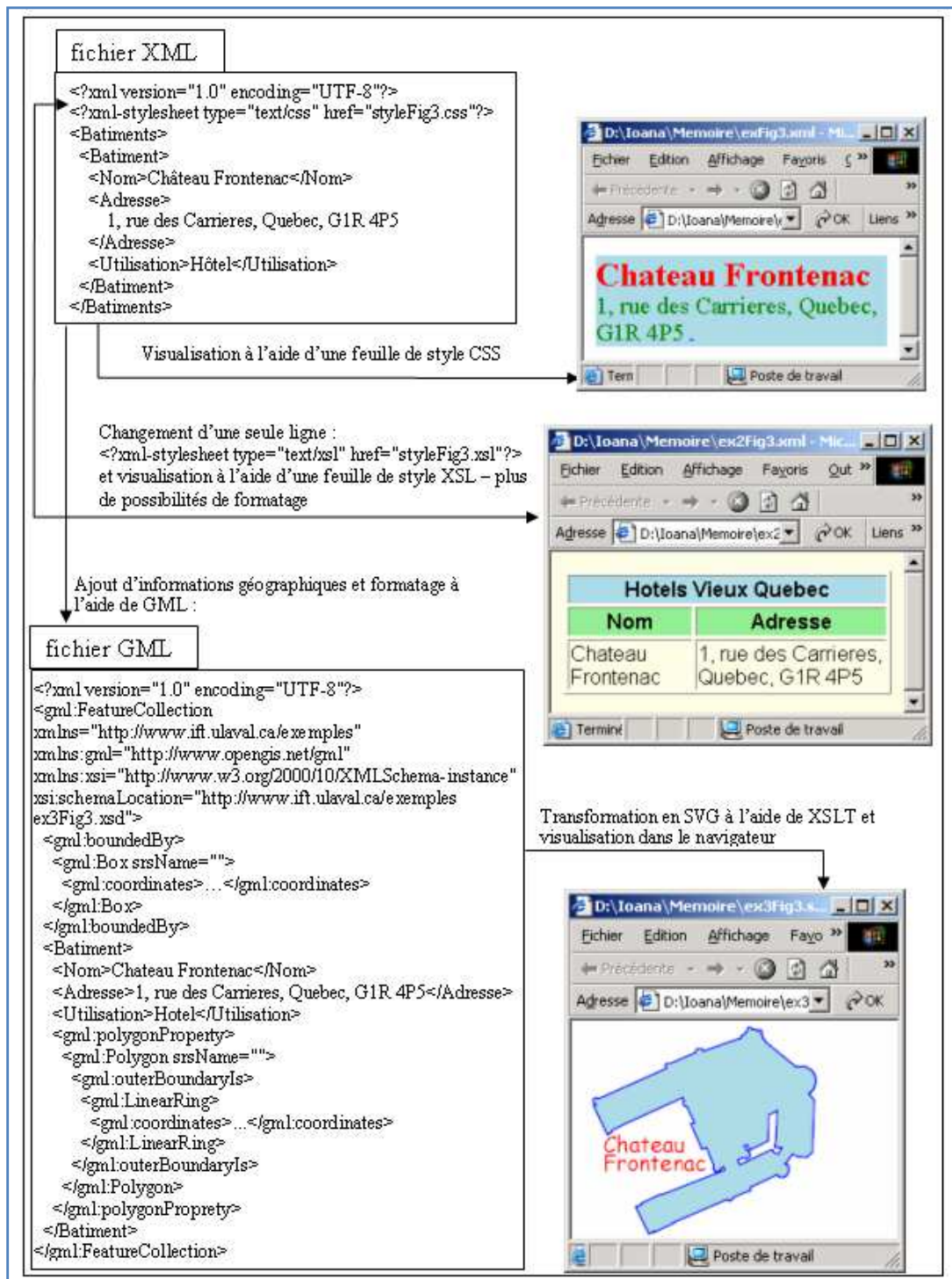


Figure 1 : Les codes XML et GML affichés sur le navigateur Web (Source : Cosma, 2004, p1)

Il est également possible de réaliser des recherches sur les attributs descriptifs et le contenu peut être contrôlé à travers la création de filtres spatiaux, réduisant ainsi le temps de transfert de données du serveur. Les données vectorielles qui sont générées avec le GML peuvent être

animées pour améliorer la convivialité avec l'utilisateur. Les *Application Programming Interface* (API) cartographiques modernes qui gèrent le langage GML peuvent être utilisées sur tous les interfaces Web pour les ordinateurs, les tablettes ou les téléphones intelligents. De plus, à travers la norme WFS, ou directement avec le langage GML, il est possible d'ouvrir et de manipuler les données extraites de cette norme avec tous les logiciels SIG classiques (*ArcMAP*, *QGIS*, *MapInfo*, etc.) (Galdos, 2015).

Des extensions au schéma GML ont été créées pour prendre en compte la complexité des phénomènes géographiques et pour une meilleure gestion et diffusion avec les technologies Web dans plusieurs domaines. Des exemples comme CityGML et GeoSciML démontrent bien ce développement.

CityGML a été le premier modèle thématique normalisé par l'OGC en 2008. Il représente les aspects géométriques, sémantiques et visuels des modèles des villes en 3D. L'importance des villes en 3D et leurs applications augmentent rapidement. De nombreuses applications utilisent le CityGML, en particulier sa sémantique, par exemple : la simulation et la représentation de la propagation du bruit; la planification urbaine; la gestion des catastrophes, les simulations en temps réel; la navigation intérieure; etc. (Gröger et Plümer, 2012).

GeoSciML est une extension du GML développée pour fournir une structure unique et un code ouvert aux données géologiques numériques, où la cohérence dans le langage sémantique utilisé est assurée par l'utilisation de vocabulaires convenus de la terminologie de la géoscience. Elle est adaptée pour la représentation et la description des données géologiques. Elle est également extensible à d'autres données géoscientifiques comme le forage, l'échantillonnage et l'analyse des données (CGI, 2015).

Ces exemples démontrent que l'utilisation du GML dans le domaine des sciences géographiques est en expansion. À partir de quelques schémas centraux de la spécification GML, de nouvelles extensions peuvent être définies.

2.1. La gestion des sentiers récréatifs

Les sentiers récréatifs sont définis par l'Office québécois de la langue française (OQLF) comme « *un chemin étroit aménagé en fonction d'activités plein-air* » (OQLF, 1993). Il existe différentes formes d'activités sportives ou de loisirs réalisés sur les sentiers, et cela durant toutes les saisons, comme la randonnée pédestre, l'équitation, le ski de fond, le cyclisme, les véhicules tout terrain, la motoneige, etc.

L'inventaire réalisé en 2010 par la Coalition nationale des sentiers (CNS) montre qu'il y a très peu d'informations sur les activités à la disposition du public. Dans certains cas, les organismes ne présentent que des estimations sur la longueur de leur réseau de sentiers (Norman, 2010). Les résultats de cette étude suggèrent que « *des recherches supplémentaires doivent être entreprises pour obtenir des informations plus détaillées en ce qui concerne l'aménagement de sentiers et son utilisation* » (Norman, 2010, p.64).

Le Canada comptait en 2010 plus de 278.000 kilomètres de sentiers officiels. Le tableau 1 présente des informations détaillées pour chacune des provinces (Norman, 2010). Le Québec est la province la plus desservie avec plus de 77.000 kilomètres. De ce total, 94 %, soit plus de 72.000 kilomètres, sont utilisés pour la réalisation d'une seule activité, comme la motoneige ou le ski de fond. Les sentiers équestres correspondent à 3,9 % du total, et sont inclus dans les 6 % de sentiers qui ont une utilisation partagée avec d'autres activités.

Ce faible taux de partage de sentiers présente une opportunité de croissance avec l'utilisation de la géomatique. Ainsi, un possible partage des espaces pourrait optimiser leur utilisation et améliorer les économies locales avec la présence de touristes.

Tableau 1 : Nombre de sentiers officiels au Canada en 2010, selon son utilisation.

Prov. / Terr.	Single Use Trails						Shared Use Trails				Total Km Managed Trails
	Snow-mobile	ATV / ORM	Hiking / running	Cross Country Skiing	Mtn. Biking	Cycling (off road touring)	Walking & cycling	Eques-trian	Snow-mobile	ATV	
NL	3,600	1,000	1,204	316	82	0	152	0	158	928	7,440
NS	1,600	1,000	873	149	195	0	192	0	2,600	1,268	7,877
PE	600	5	137	106	32	50	98	0	354	0	1,382
NB	6,700	3,201	646	706	144	0	300	6	397	300	12,400
QC	31,745	17,182	13,214	6,312	2,333	1,601	943	3,000	700	0	77,030
ON	32,418	3,786	7,608	3,516	1,629	550	4,968	870	1,844	1,806	58,995
MB	12,506	2,660	735	760	533	110	1,036	0	295	0	18,635
SK	7,000	2,500	339	942	215	2,132	1,564	0	190	20	14,901
AB	8,614	1,000	6,841	1,752	1,640	425	2,743	782	1,040	10,459	35,296
BC	0	0	7,125	2,020	2,260	231	3,995	2,130	11,775	12,285	41,821
YT	0	0	550	106	200	0	300	0	500	465	2,121
NT	0	0	0	15	15	0	0	0	500	5	535
NU	0	0	0	0	0	0	0	0	143	0	143
Totals:	104,783	32,334	39,272	16,700	9,278	5,099	16,291	6,788	20,496	27,536	278,576
% of Total:	37.6%	11.6%	14.1%	6.0%	3.3%	1.8%	5.8%	2.4%	7.4%	9.9%	

Source : Norman, 2010, p.11.

La cartographie a toujours été la solution première pour la planification et la réalisation des activités sur les sentiers. Traditionnellement disponible en papier, ce matériel est souvent créé à une échelle locale pour promouvoir une activité bien précise. Malheureusement, ce type de cartographie devient facilement obsolète. Elle ne supporte pas les changements qui arrivent constamment sur ce type de réseau et elle ne prend pas en compte la dynamique avec les autres activités réalisées sur les sentiers et sur plusieurs échelles.

La géomatique propose des outils d'analyse et de modélisation spatiale qui peuvent être des solutions à ces limitations, par exemple le SIG. Certains auteurs considèrent le SIG comme une simple interface cartographique ou encore un outil pour traiter les informations géospatiales. Dans le contexte de notre projet, nous prenons la définition du SIG dans son sens large. Ainsi, selon Harvey (2008), un SIG est :

« Le système informatique, les logiciels et des procédures conçus pour donner support à la compilation, le stockage, la récupération, l'analyse et l'affichage des données à référence spatiale pour aborder la planification et les problèmes de gestion. En addition à ces composants techniques, un SIG

complet doit également mettre l'accent sur les personnes, les organisations et les normes »¹ (Harvey 2008, p. 263-264).

Plusieurs initiatives de SIG interactifs et disponibles sur le Web essayent de répondre à la demande croissante d'accès aux informations par les utilisateurs des sentiers. Des exemples comme la cartographie Web du sentier transcanadien (Sentier transcanadien, 2014) ou des initiatives internationales comme Suisse Mobile (Fondation Suisse Mobile, 2014) et Pitkinoutside (GreenInfo Network, 2014) démontrent des solutions pour la visualisation des informations et pour la planification des parcours. Cependant, ces initiatives restent limitées à une région touristique précise ou à une modalité d'activité comme la motoneige ou l'équitation. Dans cette optique, « Canada Hippique », à travers son partenaire québécois « Cheval Québec » s'est intéressée au développement d'un outil pour rassembler les données des sentiers récréatifs. Cette idée a été axée sur quatre piliers :

- (1) pérennité — permettant d'englober les données déjà existantes et permettant des modifications ou des ajouts pour prendre en compte les changements futurs;
- (2) interopérabilité — prenant en charge les différents systèmes et plates-formes dans une logique de logiciel libre et ouvert;
- (3) flexibilité — permettant l'inclusion de données de différentes sources et formats;
- (4) et convivialité — qui soit d'une utilisation simple pour des non-spécialistes en géomatique.

Pour répondre à cela, cette recherche propose le développement de l'extension du langage GML pour les données des sentiers récréatifs, nommé *TrailGML*, et la création d'un prototype d'interface cartographique Web. Cette proposition est soutenue par les propositions présentées par le *Federal Geographic Data Committee* (FGDC) qui affirme :

« Les normes universelles de données de sentiers permettront aux gestionnaires et au public à niveau national, régional, provincial et des sentiers d'utiliser une terminologie mutuellement comprise pour l'enregistrement, la récupération et l'application des informations spatiales et

¹ Traduction libre « *System of computer hardware, software, and procedures deSIGned to support the compiling, storing, retrieving, analyzing, and display of spatially referenced data for addressing planning and management problems. In addition to these technical components, a complete GIS must also include a focus on people, organizations, and standards* » (Harvey 2008, p. 263-264)..

tabulaires. Les normes de données faciliteront que l'information des sentiers soit consultée, échangée et utilisée par plus d'une personne, une agence ou un groupe. La facilité de partage des données augmente la capacité d'amélioration et de cohérence de la cartographie, de l'inventaire, de la surveillance, de l'évaluation de l'état, de la maintenance, de l'établissement des coûts, de la budgétisation, de la récupération de l'information et du rapport sommaire pour la plupart des besoins internes et externes »². (FGDC, 2011, p.1)

Même si cet organisme travaille juste au niveau des États-Unis, cette réflexion est aussi pertinente aux niveaux fédéral et provincial. L'automatisation, le partage et l'exploitation des données à travers une norme largement acceptée pourront offrir une variété d'avantages importants à plusieurs niveaux, soit :

- (1) efficacité — créer et collecter des données qui sont normalisées et facilement utilisables;
- (2) compatibilité — les données d'un projet ou d'une discipline peuvent être compatibles avec d'autres applications;
- (3) cohérence — utilisant le même standard, le maillage des données d'une organisation avec ceux produits par une autre organisation;
- (4) rapidité — accélérer la mise en disposition des données grâce à une réduction des démarches en double et la baisse du coût de production;
- (5) résolution des conflits — les conflits sont plus facilement résolus s'ils sont conformes aux mêmes normes;
- (6) fiabilité — améliorant la qualité des données partagées des sentiers à travers un augment des personnes qui identifient et corrigent les erreurs et;
- (7) réutilisation — permettre la réutilisation maximale entre les initiatives d'administrations électroniques *Electronic Government* (E-GOV) et l'architecture d'entreprises (AE) (FGDC, p. 1).

² traduction libre « Universal trail data standards will enable national, regional, state, and trail-level managers and the public to use mutually understood terminology for recording, retrieving and applying spatial and tabular information. Data standards will make it easier for trail information to be accessed, exchanged and used by more than one individual, agency or group. Ease in sharing data increases the capability for enhanced and consistent mapping, inventory, monitoring, condition assessment, maintenance, costing, budgeting, information retrieval, and summary reporting for most internal and external needs» (FGDC, 2011, p.1).

Cette affirmation renforce notre idée qu'une normalisation permettrait l'utilisation conjointe avec les données ouvertes des gouvernements canadiens et québécois, ainsi que d'autres organismes, permettant des études, des recherches et des planifications encore plus précises. L'interface cartographique Web vise à permettre un possible rassemblement des données des sentiers récréatifs dans un même outil à travers la mise en marche de la norme GML.

L'utilisation d'un outil de cartographie Web jumelé au développement d'un nouveau schéma GML pour les sentiers récréatifs permettra de répondre aux besoins de planification des utilisateurs, pouvant devenir un outil de gestion normalisé pour les principaux acteurs dans le domaine.

Cette initiative se justifie aussi pour sa possible contribution au renforcement de l'économie d'un grand nombre de communautés, particulièrement dans les régions rurales et du nord du pays. Les retombées économiques créées par le tourisme en lien avec les sentiers récréatifs au Canada ont dépassé les 56 millions de dollars entre 2009 et 2010, et une plus grande diffusion des informations pourra attirer encore plus de personnes à ces activités (CNS, 2014; Parlement du Canada, 2014).

3. Objectifs et hypothèse

L'objectif général du projet est de développer un schéma GML dédié à la gestion et à la diffusion des données géographiques relatives aux sentiers récréatifs canadiens : *TrailGML*. Ce nouveau format sera basé sur le schéma international GML défini par l'OGC. Pour mettre de l'avant cette nouvelle norme, l'objectif spécifique vise à concevoir un système d'information géographique sur le Web (SIG Web) qui rassemblera les données spatiales et géographiques du réseau officiel des sentiers canadiens.

L'hypothèse de recherche est : l'utilisation d'un outil de cartographie Web jumelé au développement d'un nouveau schéma GML pour les sentiers récréatifs permettra de répondre aux besoins de planification des utilisateurs, et aussi de devenir un outil de gestion normalisé pour les principaux acteurs dans le domaine.

4. Matériel et région d'étude

Les données utilisées par la présente étude sont fournies par trois clubs équestres associés à « Cheval Québec ». Elles sont composées de données géographiques (comme les tracés des sentiers, des points d'intérêt, etc.) et des métadonnées (noms, descriptions, etc.). Des détails précis sur le contenu des données ne seront pas dévoilés afin de préserver la confidentialité demandée par le partenaire.

Les données seront restreintes à la province du Québec et à la thématique des sentiers équestres. Cependant, le système se veut flexible, pouvant inclure des données d'autres régions ou d'autres thématiques dans le futur.

5. Méthodologie

Les étapes méthodologiques ont été structurées pour couvrir l'ensemble du projet de recherche. Pour débiter, nous devons identifier les besoins pour la recherche, soit la revue de littérature et l'acquisition des données. Une deuxième partie se concentre au développement du schéma d'application *TrailGML* et à la création et la mise en marche du prototype d'interface cartographique Web dans son ensemble. Les étapes s'achèvent avec la discussion des résultats et les conclusions. Le diagramme méthodologique (Figure 2) montre chacune des étapes qui seront présentées de façon détaillée dans ce chapitre.

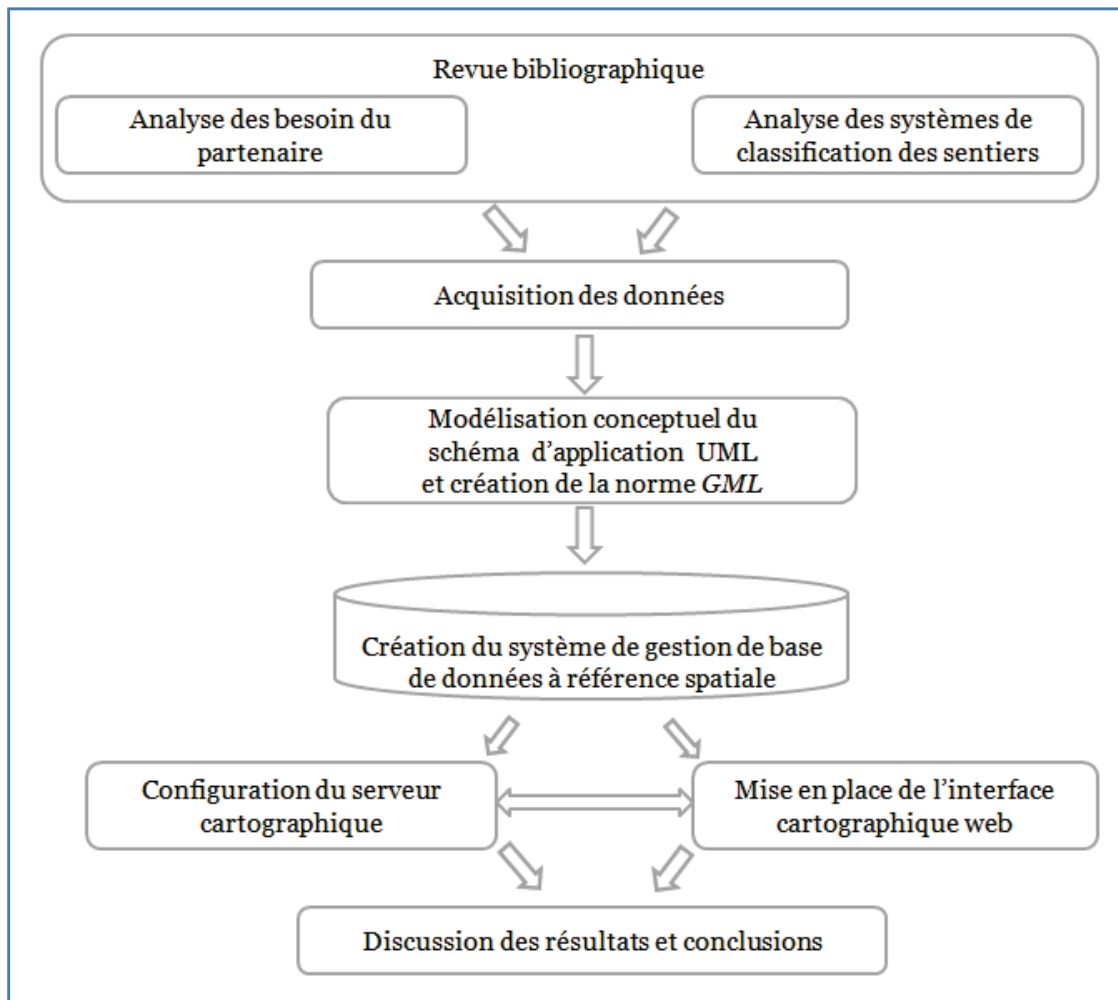


Figure 2 — Diagramme méthodologique

5.1. Revue bibliographique

La revue bibliographique est allée au-delà de la simple recherche des concepts et des termes pour répondre à la problématique de la recherche. Cette étape a englobé aussi :

- une révision détaillée de normes établies par l'OGC et par l'*International Organisation for Standardization* (ISO) pour le développement des outils de SIG Web et le partage des données géographiques, soit l'ensemble de règles pour l'élaboration et la mise en marche de la norme GML;

- des exemples de projets qui ont développé des extensions GML et des études de cas de l'usage du GML pour les données géographiques;
- les informations disponibles sur le Web concernant l'utilisation des sentiers au Canada et de quelques exemples à l'international;
- les technologies disponibles et la méthode pour mettre en place des outils de cartographie Web;
- les normes et exemples de modélisation du schéma d'application en *unified modeling language* (UML);
- d'autres informations secondaires.

Cette revue bibliographique s'est étendue jusqu'à la fin des étapes de l'analyse du besoin des partenaires et l'analyse des systèmes de classification des sentiers afin de permettre la validation de la pertinence des concepts et des solutions adaptées au développement du projet, et dans les cas échéants, permettre de définir de nouvelles directives pour le développement de la recherche.

5.2. Analyse des besoins du partenaire

« Équine Canada » est un organisme national regroupant 11 organisations sportives provinciales et territoriales, et 11 associations et corporations nationales. Elles sont responsables la représentation, de la promotion et de la progression des intérêts équins et équestres au Canada, ce qui englobe aussi les randonnées équestres pour les sentiers. La liste des partenaires provinciaux et territoriaux est présente dans le tableau 2.

L'ensemble des pages Web des partenaires présente des informations pour appuyer la réalisation de randonnées équestres. Ses informations sont en grande majorité des coordonnées téléphoniques d'organismes à contacter pour définir l'emplacement des randonnées ou pour obtenir des cartes touristiques statiques servant à la planification des randonnées.

Cheval Québec est une organisation sans but lucratif reconnu par le Gouvernement du Québec comme un organisme national de loisir. Il regroupe plus de 16 000 membres et plus d'une

centaine d'associations des différentes sphères de l'industrie équestre. Sa mission est l'organisation, la coordination et la réalisation d'activités pour ses membres. L'organisme compte 109 associations régionales et provinciales, présentes dans 15 des 17 régions administratives du Québec. De ces membres, 49 % sont des clubs de randonnée qui comptent comme activité principale les activités de loisir et plein air.

Tableau 2 : Liste des partenaires provinciaux et territoriaux

Horse Council British Columbia
Alberta Equestrian Federation
Saskatchewan Horse Federation
Manitoba Horse Council
Ontario Equestrian
Cheval Québec
Association équestre du Nouveau-Brunswick
Prince Edward Island Horse Council
Nova Scotia Equestrian Federation
Newfoundland and Labrador Equestrian Association
Equine Association of Yukon

Source : Équine Canada, 2016

Une première analyse des besoins du partenaire a été réalisée suite à une rencontre organisée par « Equine Canada » en partenariat avec d'autres organismes qui utilisent les sentiers pour leurs activités, comme le *National Trails Coalition (NTC)*, *Canadian trails Federation (CTF)*, *Outdoor Council of Canada (OCC)*, *Canadian Sport Tourism Alliance (CSTA)* et plusieurs organisations provinciales.

Un questionnaire a été proposé afin d'identifier les principaux intéressés à démarrer un projet national sur l'amélioration de l'accès et du partage des informations concernant les sentiers récréatifs. Le principal objectif du questionnaire était de savoir quels étaient les organismes producteurs de données, le format des données, et s'ils étaient intéressés à un partage.

Une dizaine d’organismes, dont parcs Canada, Equine Canada et Cheval Québec souhaitaient participer à un tel projet. Cet intérêt a lancé le projet pilote, avec les données et l’appui de Cheval Québec et Equine Canada.

Par la suite, deux réunions ont été organisées pour structurer les intérêts liés au projet. Les discussions ont permis de créer une liste d’opportunités et de défis pour le développement du projet. Le tableau 3 présente les points les plus importants. :

Tableau 3 : Les opportunités et les défis du projet

Opportunités
<p>Meilleure gestion des sentiers</p> <p>Le partage des informations</p> <p>La visibilité pour les activités en sentiers avec la construction d’une interface cartographique Web</p> <p>Le dialogue entre les différentes associations qui utilisent les sentiers dans leurs activités (par exemple, activités en cheval, VTT, Motoneige, etc.).</p> <p>L’attraction des nouveaux utilisateurs et d’un public jeune.</p> <p>Une seule page Web pour l’ensemble des activités développées sur un même emplacement.</p> <p>Plus de sensibilisation aux enjeux et défis pour maintenir le réseau de sentiers.</p> <p>Découvrir qui sont les utilisateurs</p> <p>Possibilité de générer des informations statistiques pour d’autres objectives supplémentaires</p> <p>Information facile à actualiser</p> <p>Engagement</p> <p>La normalisation des données</p>
Défis
<p>Accès aux données existantes en raison des droites de propriété</p> <p>Les coûts rattachés au projet</p> <p>La difficile coordination entre les acteurs</p> <p>Une possible utilisation des sentiers sans le besoin de passer par les associations, ce que pourrait être dangereux si l’utilisateur ne connaît pas le territoire.</p> <p>Accord sur le produit final</p> <p>Peur du changement</p> <p>La recherche pour le financement</p> <p>avoir des ressources pour maintenir la base de données à jour.</p>

Entre les opportunités présentées, l'idée de rassembler les activités qui ont lieu sur un même sentier a été un point d'intérêt en commun. La proposition de la création d'une interface cartographique Web pour accroître la visibilité et pour organiser les données des partenaires a été le sujet d'une longue réflexion afin d'obtenir un consensus sur les besoins et les souhaits de tous les participants. Le tableau 4 présente un résumé des demandes les plus importantes discutées au moment des réunions.

Tableau 4 : Les demandes pour l'interface cartographique Web

one stop shopping : dans lequel on retrouvera les informations de toutes les disciplines réalisées en sentiers

Lieux d'intérêt le long du sentier et en proximité (ex. : zones de repos, etc.)

Informations historiques des zones environnantes

Statuts du sentier en temps réel (ex. : ouvert, fermé, etc.)

Informations sur la sécurité et mesures d'urgence

Lien avec les médias sociaux (Twitter, Facebook, etc.)

Interface pour les technologies mobiles

Cartes hors connexion Internet

Possibilité d'imprimer les trajets planifiés

Interface bilingue

Lien avec les activités dans la région

Informations sur hébergement

Vidéos et photos

L'ensemble de ces discussions a guidé la planification de l'interface Web et la sélection des éléments qui seraient présents dans la norme *TrailGML*. Tout au long du projet, « Cheval Québec » a été présent pour valider le cheminement et les changements nécessaires.

5.3. Analyse des systèmes de classification des sentiers

Une analyse des systèmes de classification des sentiers déjà mis en place par divers organismes aux activités récréatives sur sentiers nous a permis de connaître les spécificités liées à cette thématique. Les fondements de notre modèle se basent sur les documents de quatre organismes qui travaillent sur la gestion et l'organisation des sentiers récréatifs :

- Le Cahier de norme d'aménagement des sentiers équestres (Québec à Cheval, 1992) et le Guide de signalisation et de balisage des sentiers équestres (Québec à Cheval, s.d.) élaboré par Québec à Cheval (actuellement appelé Cheval Québec). Le premier document est un guide pour la planification, l'aménagement et l'entretien des sentiers. Le deuxième est un guide qui propose le design pour les différents types d'enseignes ainsi que des outils pour le diagnostic de l'état des sentiers. Ces documents ont aidé à définir et à catégoriser les informations liées à la thématique des sentiers équestres, aux catégories liées à l'inspection, aux droits et à la légalité d'utilisation, à l'identification des points d'intérêt, de la catégorisation des types d'installation, entre autres.
- Les documents *Parks Canada Trail Guidelines — Trail Specifications* (Parks Canada, s.d.a) et *Parks Canada Trail Guidelines — User guide* (Parks Canada, s.d.b) élaboré par Parcs Canada, sont des documents élaborés pour guider la prise de décision concernant le développement, la manutention et la gestion des sentiers par cet organisme. Ces documents ont servi surtout pour identifier les éléments liés aux risques, à la définition des services, à l'identification des surfaces, à l'identification des installations présentes dans les sentiers, au classement de l'utilisation, et à la définition des visiteurs-type pour chaque tronçon de sentier.
- Le document *Federal Trail Data Standards* (FGDC, 2011) élaboré par le FGDC des États-Unis est un guide exhaustif des normes pour la définition du noyau de base des attributs, définitions et valeur correspondent aux données des sentiers des États-Unis. En étant un des documents de base pour l'organisation des données, il a été spécialement utile pour définir les catégories liées à la définition des segments de sentier, à la maintenance, et les types d'utilisation.
- Site Web du Sentier transcanadien (Sentier transcanadien, 2017). L'interface cartographique Web du sentier transcanadien présente la plus grande base de données de sentiers au Canada. Ce réseau compte plus de 18 000 kilomètres de sentiers jusqu'à fin 2016. Leur interface permet la consultation et le téléchargement de tracés. Ces données nous ont permis de comprendre la dynamique et les enjeux liés aux sentiers au

niveau canadien. En plus, le tracé du sentier transcanadien a été téléchargé pour définir la version ouverte de l'interface Web.

Le document de Parcs Canada a servi de point de départ pour la modélisation de la norme *TrailGML* en raison du souhait de pouvoir intégrer leurs données dans l'interface Web dans le futur. À partir de ce document, d'autres classes, de catégories et de métadonnées ont été ajoutés afin de couvrir, de façon exhaustive, tous les éléments pertinents à la thématique des sentiers récréatifs.

La validation de la pertinence de chacun des éléments a été réalisée à travers des rencontres avec le partenaire « Cheval Québec », qui a apporté aussi des éléments complémentaires concernant la sécurité des utilisateurs. La liste complète des entités et des attributs retenus est présentée dans l'annexe 1.

Les guides et les cartes d'autres organismes ont été consultés pour bonifier les catégories du schéma d'application. Les principaux documents et les sites consultés sont :

- *Alberta Trail Maps* — (Alberta TrailNet, 2016) Les cartes élaborées par l'organisme Alberta TrailNet, disponibles sur leur page Web, permettent aux randonneurs la planification de leurs promenades. Elles ont été utiles pour compléter les types de sites d'intérêt et les différentes utilisations des sentiers.
- *Trail Builder's Companion - For the planning and development of recreation trails in Alberta* (Alberta Community Développement & Alberta TrailNet, 2001). Ce document préparé par Alberta Trail Net, Alberta Sport, Recreation Park & Wildlife Foundation et Alberta Community Development présente les directives pour la planification et le développement de la plupart des types de sentiers récréatifs. C'est un guide bien structuré permettant la mise en place des structures physiques et organisationnelles des sentiers. Ce manuel a été considéré dans la recherche particulièrement pour les informations de la conception des sentiers, sa construction et sa mise en service,

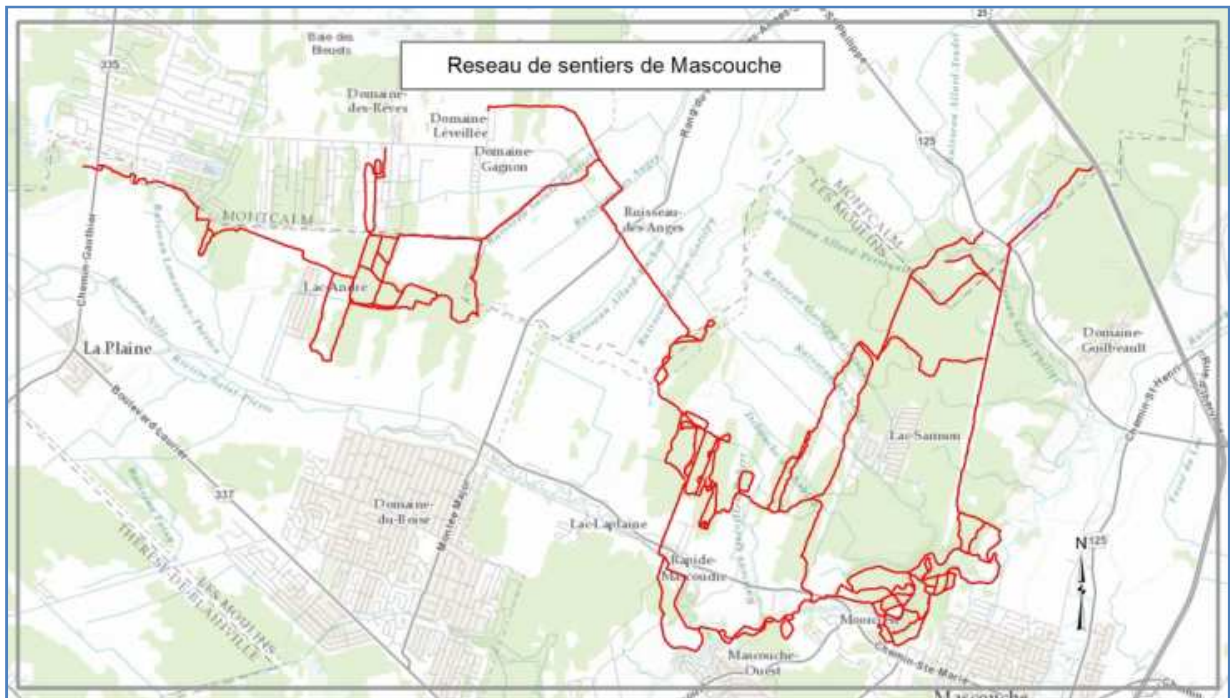
complétant les informations liées à la sécurité des utilisateurs et aux risques à considérer dans le sentier.

- *Trail Specification Guidelines (SPRA, 2002)*. Ce document préparé par *Saskatchewan parks and recreation association inc.* est un guide pour la construction des sentiers en suivant les directives du réseau du Sentier transcanadien. En étant un guide très pratique, il a été considéré pour bonifier les catégories liées au balisage des sentiers, des équipements présents dans le parcours et des différents types d'activités sur les sentiers.
- *Trailbuilding Basis (IMBA, 2000)*. Ce document préparé par International Mountain Bicycling Association est un guide pour la construction et la manutention des sentiers pour les vélos de montagne. Présentant des réflexions concernant l'implantation des différents types de drainage, les emplacements indiqués selon la pente et le type de sol ce guide a bonifié les catégories de manutention, de type de superficie et de la présence des obstacles et des escaliers.

5.4. Acquisition des données

Afin de mieux appréhender la structure des données qui seront présentes dans le prototype de l'interface cartographique Web, « Cheval Québec » a fourni les données de trois clubs équestres appartenant à son réseau affilié. Les jeux de données comprennent les fichiers en format shapefiles les tracés des tronçons de sentiers, la localisation des points d'intérêt et les métadonnées correspondantes.

Le premier jeu de données appartient au réseau de sentiers du club équestre de Mascouche (figure 3). Comptant plus de 47 kilomètres d'extension ce réseau s'étend sur la région des Laurentides, plus spécifiquement dans les villes de Mascouche et de Terrebonne. Le fichier reçu est en format shapefile et il contient les tronçons des sentiers. Les métadonnées associées catégorisent les attributs liés à la difficulté du parcours, le type de transport permis, la saison d'ouverture et le type d'usage autorisé.



Le deuxième jeu de données (figure 4) est celui du réseau de sentiers appartenant au club équestre de Bonniebrook. Ce réseau compte plus de 26 kilomètres d’extension dans la région des Basses-Laurentides, sur le territoire des villes de Saint-Colomban, Mille-Isles et Mirabel-en-Haut. Le fichier reçu est en format shapefile et il contient les tronçons des sentiers. Les métadonnées associées catégorisent les attributs par type d’usage autorisé, par difficulté du parcours, et de la saison d’ouverture.



Figure 4 — Le réseau de sentiers de Bonniebrook (Source : Données fournies par Cheval Québec)

Le troisième jeu de données (figure 5) est celui du réseau de sentiers de Mirabel qui compte plus de 76 kilomètres d’extension. En étant le plus complet, ce jeu de données compte trois fichiers en format shapefile. Le premier fichier présente le tracé des tronçons de sentier, associé à des métadonnées contenant le nom du tronçon, la difficulté du parcours, l’usage autorisé, le type de sentier, la longueur, et la saison d’ouverture. Le deuxième fichier présente la localisation des centres équestres au long du parcours et les métadonnées associées contiennent juste leur nom. Le troisième fichier présente la localisation des points d’intérêt, des clôtures au long du sentier, les enclos, les refuges et les attaches. Les métadonnées associées catégorisent les types d’éléments, identifient l’existence de photos, et des notes, citant par exemple la nécessité de clés pour franchir une des clôtures.



Figure 5 – Le réseau de sentiers de Mirabel (Source : Données fournies par Cheval Québec)

Étant un échantillon de l'ensemble de données possiblement existantes dans chacun des organismes participant au projet, cela représente bien le défi à relever et le bénéfice que pourra apporter la norme GML. Une analyse conjointe des métadonnées a démontré que chacun des jeux de données reçus a été organisé en suivant une méthode et une logique distincte, pour répondre à des besoins spécifiques et très ponctuels. De plus, des champs attributaires étaient vides, démontrant la difficulté d'avoir des informations contextuelles sur les tronçons de sentiers.

5.5. Modélisation du schéma d'application en UML et la création du GML

Le GML est un langage balisé pour représenter les entités géographiques. Codé en XML, il respecte plusieurs normes de l'OGC et de l'ISO. La norme ISO 19136 : 2007 définit la syntaxe, les mécanismes et les conventions du schéma XML pour offrir un cadre ouvert indépendant du fournisseur pour la description du schéma d'application géospatiale pour le transport et le stockage des informations géographiques en langage XML. Cette norme donne aussi les règles normatives de mise en correspondance du schéma d'application modélisé en

UML doté d'une structure logique conformément au schéma d'application conforme à l'ISO 19109 (ISO 2017).

Les entités géographiques sont des notions importantes à la modélisation des données géographique. Le GML permet de définir des entités géographiques spécifiques à un domaine d'application particulier grâce à l'utilisation de ces schémas d'application. Ce schéma contient l'ensemble des entités et les relations spécifiant les opérations pour la manipulation et le traitement des données par les applications, aidant à déterminer les transformations nécessaires entre deux jeux de données. Après la création du schéma d'application, il est possible de choisir de le stocker en GML ou de les convertir à la demande à partir d'un autre format de stockage et ainsi utiliser GML uniquement pour le schéma et le transport des données (ISO 2017).

La première étape pour le développement de la norme *TrailGML* a été la modélisation conceptuelle des données à travers un schéma d'application en UML selon la norme ISO19103. L'UML sert à présenter de façon formelle la base de données dans un concept Entité-Association. L'intérêt principal du diagramme UML est d'offrir un modèle compréhensible aux acteurs impliqués dans le processus de création du SIG Web. Cette étape est une exigence pour que le nouveau schéma GML dérivé de ce modèle soit approuvé par l'OGC (Golodoniuc; Cox, 2010).

Le formalisme des entités en UML a été réalisé dans le logiciel *Enterprise Architect* (Sparx Systems, 2016). Une grammaire XML appelée *MDG Technology for GML* a été utilisé pour permettre la création des entités géographiques conformes la norme ISO/TC 211. Le modèle a été élaboré en anglais pour faciliter les échanges et les analyses entre les différents acteurs concernés, mais un modèle bilingue sera réalisé dans un deuxième temps.

La figure 6 présente la partie centrale de l'UML créé. Les classes principales définissent des entités qui dérivent des classes GML. L'ensemble des attributs pour une classe définit les caractéristiques principales de celle-ci.

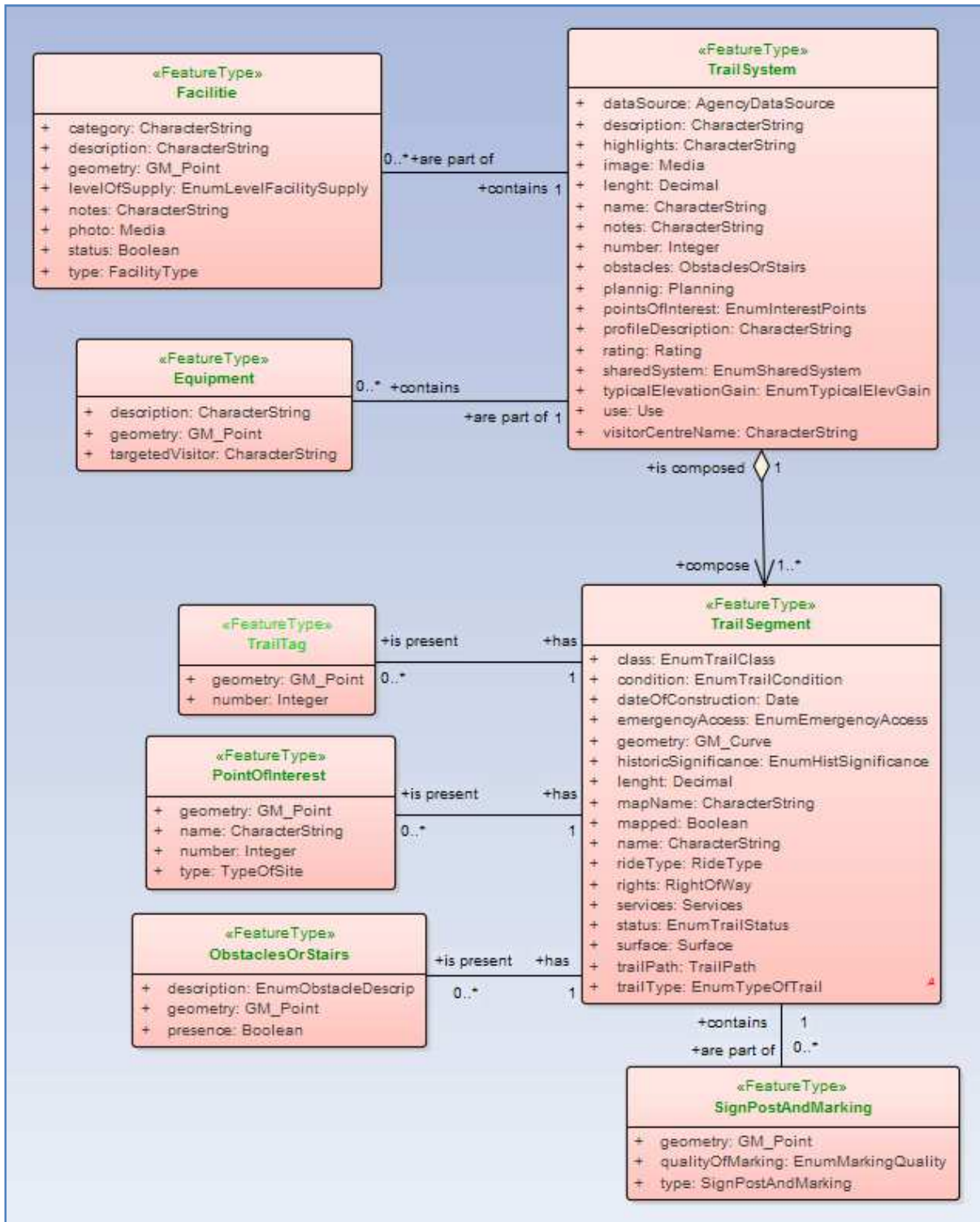


Figure 6 — Les principaux éléments du modèle UML.

La classe nommée « système de sentier » (*trail system*) est la principale classe du schéma, contenant les attributs qui identifient l'organisme. Elle contient des informations additionnelles à travers l'association directe à deux autres classes, soit les « installations » (*facilities*) et les « équipements » (*equipment*). La classe « segment de sentier » (*trail segment*) compose le système de sentier et elle contient l'attribut spatial et les attributs descriptifs qui font partie de chaque tronçon de sentier. Les classes nommées « balise de sentier » (*trail tags*), « points d'intérêt » (*point of interest*), « obstacles ou escaliers » (*obstacles or stairs*) et « marqueur et panneau de signalisation » (*signpost and marking*) apportent des précisions additionnelles utilisées par les organismes équestres.

De façon sémantique, il est possible de lire la partie principale du diagramme UML de la façon suivante :

- un système de sentiers (élément principal du modèle UML) agrège de 1 à plusieurs segments de sentier;
- le système de sentier contient de 0 à plusieurs installations;
- le système de sentier contient de 0 à plusieurs équipements;
- le segment de sentier peut contenir de 0 à plusieurs balises de sentier;
- le segment de sentier peut contenir de 0 à plusieurs points d'intérêt;
- le segment de sentier peut contenir de 0 à plusieurs obstacles ou escaliers;
- le segment de sentier peut contenir de 0 à plusieurs panneaux ou marquages.

La cardinalité minimale, soit 0 ou 1, est importante en informatique pour signaler la présence obligatoire ou non d'information : l'autorisation d'utiliser la valeur nulle (*NULL*).

Chaque attribut des classes à la figure 3 est associé à un type de définition. Il existe cinq grands types de définitions :

- (1) les types standards : numérique, texte, booléen (vrai ou faux) et date;
- (2) les types géométriques : point, ligne et polygone;
- (3) les listes de codes (*CodeList*);

- (4) les énumérations (*Enumeration*);
- (5) les types de données personnalisés (*DataType*).

Les quatre derniers types correspondent à des types reconnus par la norme GML, ce qu'on appelle les stéréotypes. Les stéréotypes sont établis par le ISO19103 et ISO19109, et sont utilisés pour enrichir les types les éléments de base de l'UML et utilisés pour les modèles d'information géographique.

Pour les types géométriques, seulement les lignes et les points ont été utilisés, respectivement `<GM_Curve>` et `<GM_Point>` dans le langage GML. Une ligne définit la géométrie d'un tronçon du sentier, et un point définit la géométrie ponctuelle d'une entité comme les points d'intérêt ou les obstacles.

Pour les listes de codes et les énumérations, la différence est minime, une liste de codes est considérée dans le formalisme GML comme une énumération avec une dimension non fixe et avec un codage basique, c'est-à-dire qu'une liste de code peut évoluer avec le temps en ajoutant des attributs, contrairement à une énumération qui devrait être statique dans le temps.

La figure 7 présente un exemple de listes de codes dans le diagramme UML. La liste de codes pour le « type de sentier » (*TrailType*) est spécifique aux sentiers équestres selon la norme de Cheval Québec :

- (1) sentiers linéaires (*linear*), code de 1;
- (2) sentiers périphériques (*peripheral*), code de 2;
- (3) sentiers en boucles simples (*simpleLoop*), code de 3;
- (4) sentiers en boucles satellites (*satelliteLoop*), code de 4;
- (5) sentiers en boucles contiguës (*adjoininLoop*), code de 5.

La liste des codes pour la classification des sentiers est une classification générale élaborée travers l'ensemble des documents consultés. En quelques exemples :

- (1) sentiers pour les véhicules tout terrain (*allTerrainVehicle*), code de 1;
- (2) sentiers pour le cyclisme (*cycling*), code de 3;
- (3) sentiers équestres (*equestrian*), code de 5;
- (4) etc.

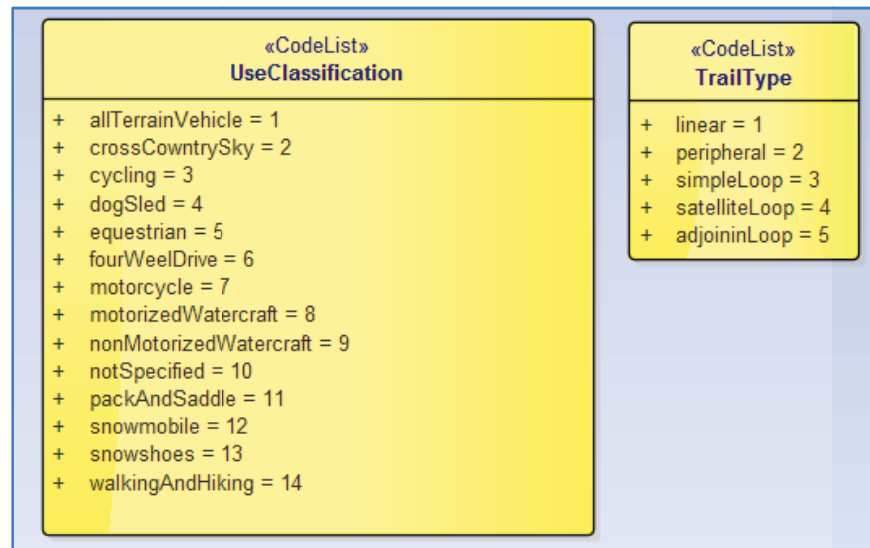


Figure 7 – Exemples de listes de codes dans le diagramme UML.

La figure 8 présente un exemple d'énumérations dans le diagramme UML comme la fréquence des inspections (*EnumFreqInspection*), la saison d'utilisation pour les sentiers (*EnumSeasonType*) ou encore le statut de l'accès au sentier (*EnumAccessStatus*). Une énumération est une liste de dimension fixe contrairement à une liste de codes. Par exemple, le statut de l'accès au sentier peut être lu comme un ensemble d'items fixe :

- sentier accessible (*accessible*);
- sentier non accessible (*notAccessible*);
- sentier non évalué (*notEvaluated*).

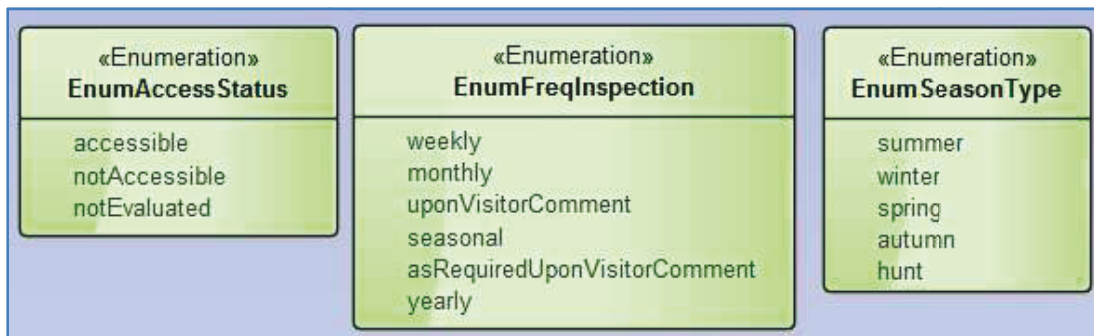


Figure 8 – Exemples d'énumérations dans le diagramme UML.

Le dernier type créé est le type de données personnalisées (*DataType*) reconnu par le langage GML comme une classe simple ne dépendant pas d'une description géométrique ou descriptive d'une entité spatiale définie par le GML. Dans le langage conceptuel, on parle d'une classe qui n'est pas une abstraction d'une entité spatiale GML. La figure 9 présente un exemple de trois classes de type de données personnalisées pour la description des sentiers : l'utilisation (*Use*), la saison (*Season*) et de la surface du sentier (*Surface*). Ces classes sont composées d'attributs standards (numérique, texte, booléen, etc.) et d'attributs reliés à des énumérations ou des listes de codes. Par exemple, la surface du sentier est définie par :

- une largeur moyenne (*averageWidth*) de type numérique;
- un type de surface (*materialSurface*) de type liste de codes des différents matériels de surface (*SurfaceMaterial*);
- un type de préparation de surface (*surfacePreparation*) de type liste de codes des différentes préparations de surface (*SurfacePreparation*).

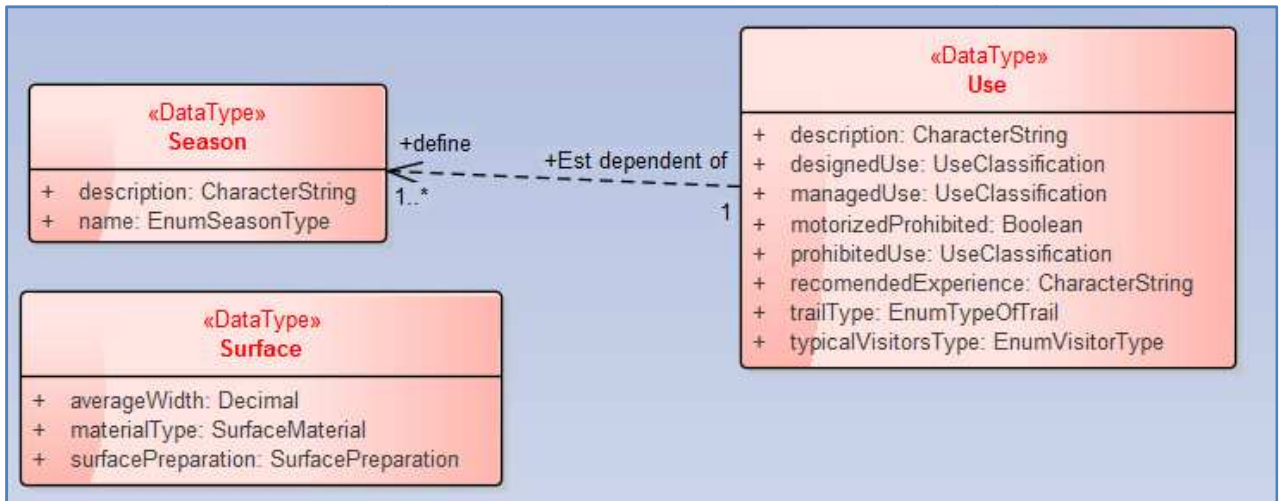


Figure 9 – Exemples de type de données personnalisées dans le diagramme UML.

La liste des classes et des attributs définis est disponible à l'annexe 1. Le diagramme UML complet du schéma *TrailGML* est représenté à l'annexe 2.

5.6. Système de gestion de base de données

Le système de gestion de base de données (SGBD) se dédie à la gestion des données géographiques, attributaires et spatiales, qui permet d'interroger et traiter l'information. Plusieurs systèmes libres et propriétaires sont disponibles sur le marché, comme *ArcSDE*, *Oracle Spatial*, *SpatialLite*, *PostgreSQL/PostGIS*. Nous avons privilégié ce dernier comme le SGBD du projet en raison de son ouverture, sa flexibilité et de son respect des normes de l'OGC dans la création et la gestion des entités spatiales. *PostgreSQL* pour le système (*The PostgreSQL Global Development Group, 2014*) et *PostGIS* pour la gestion des références spatiales et pour les fonctions d'analyse et d'interrogation en langage *Structured Query Language* (SQL) (*Fondation Open Source Geospatial, 2014*).

La base de données présente dans le SGBD englobe l'ensemble des données de base sur les sentiers récréatifs (par exemple les tracés des sentiers et métadonnées), et aussi toutes les données connexes, comme les étendues géographiques du Canada, des provinces et des régions d'étude; les réseaux routiers et hydrographiques canadiens; les points d'intérêts touristiques, etc. Toutes les données sont accessibles à travers des services normalisés de

cartographie Web WMS et WFS avec le serveur cartographique. Une étude approfondie a été effectuée avec nos partenaires pour le choix des données associées aux sentiers récréatifs qui devraient être disponibles sur l'interface Web.

Concernant l'information principale sur les sentiers récréatifs, la base de données sous PostGIS propose une gestion sous la forme d'un objet géographique simple (*simple feature*), c'est-à-dire, un ensemble de tables composées d'un attribut géographique (point, ligne ou polygone) et des attributs descriptifs associés (GeoServer, 2014). Le système transforme ces objets géographiques simples en objets complexes (*complex feature*) à travers le schéma d'application *TrailGML*. Cette gestion permet à l'administrateur de la base de données d'avoir un accès simplifié aux données via *PostGIS*, et aux utilisateurs du SIG Web d'avoir l'accès à un contenu beaucoup plus riche à travers le format GML.

Une fois le résultat de la nouvelle norme *TrailGML* obtenu, le modèle logique devant contenir l'ensemble des valeurs a été créé. Le modèle logique a été créé dans le SGBD *PostgreSQL/PostGIS*.

La création des tables et de différents éléments contenant l'ensemble des données ont été générés basés sur le schéma d'application UML créé précédemment. L'ensemble des tables créées, via l'interface Web *PhpPgAdmin*, est visualisé à la figure 10.

En utilisant le langage SQL, les tables ont été créées pour représenter les classes des entités principales, des listes de codes et des types de données personnalisées. Les classes des énumérations ont été transformées en type *Enumeration*.

PostgreSQL 8.4.21 lancé sur localhost:5432 -- Vous êtes connecté avec le profil « simone »

phpPgAdmin: PostgreSQL: simone: trail:

Tables? Vues? Séquences?

	Table	Propriétaire	Tablespace	Nombre d'enregistrements estimés				
<input type="checkbox"/>	aecessibility	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	bonniebrook_data	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	costs	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	crem_data	simone		81	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	equestrian	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	equipment	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	facilitie	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	inspection	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	location	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	maintenance	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	management	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	media	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	mirabel_data_element	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	mirabel_data_equestriancenter	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	mirabel_data_trail	simone		153	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	obstaclesorstairs	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	parkcanada	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	planning	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	pointofinterest	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	ridingstablesandridingclub	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	rightofway	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	risk	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	season	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	services	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	signpostandmarking	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	surface	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	trailsegment	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	trailsystem	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	trailtag	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	use	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider
<input type="checkbox"/>	visitor	simone		0	Parcourir	Sélectionner	Insérer	Vider

Figure 10 — Les tables de la base de données créées dans PostgreSQL/PostGIS.

5.7. Le serveur cartographique

Le serveur cartographique fait le pont entre le SGBD et l'interface cartographique Web. La figure 11 présente le GML dans le contexte de la création d'une interface cartographique Web. Au moment d'une requête dans l'interface cartographique Web, cette demande est envoyée au serveur cartographique qui la traite et cherche l'information dans le SGBD. Le SGBD retourne l'information à travers des entités simples (*simple feature*) au serveur cartographique qui au besoin pourra les convertir en entités complexes (*complexe feaure*) et les envoyer pour l'affichage dans l'interface cartographique Web.

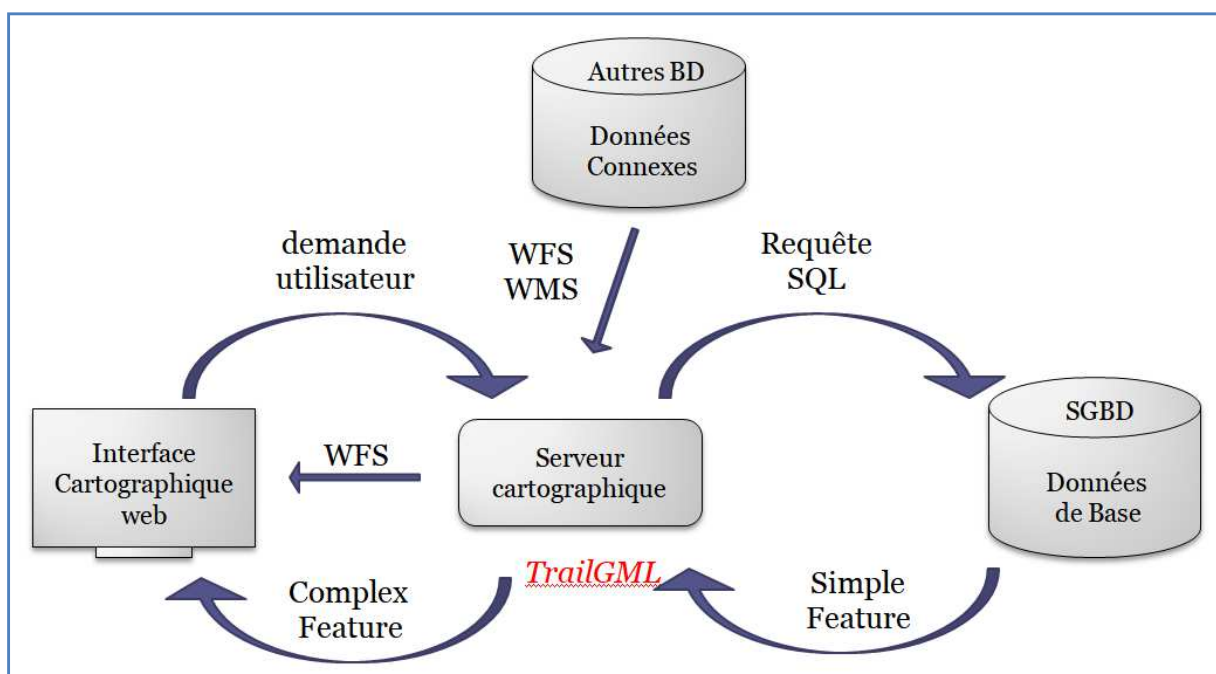


Figure 11 — L'utilisation du *TrailGML* dans le serveur cartographique Web

C'est le serveur cartographique qui transforme les objets géographiques simples de la base de données en objets complexes avec la nouvelle norme *TrailGML*. Cette norme est délivrée à l'interface Web via le service WFS qui est un service international défini par l'OGC pour la diffusion des données vectorielles sous la forme du langage GML. Le serveur cartographique doit également diffuser des informations de base (réseaux routiers, données touristiques, etc.)

dans les services WMS ou WFS pour ajouter de l'information contextuelle aux sentiers récréatifs.

Plusieurs solutions libres et propriétaires sont disponibles sur le marché. Parmi les plus connues, on retrouve *Geoserver*, *Mapserver* et *ArcGIS Server*. Nous proposons l'utilisation du serveur cartographique *GeoServer* qui est libre, ouvert et respecte les normes de l'OGC. Nous appuyons la démarche sur des exemples déjà réalisés comme la gestion et la diffusion du *GeoSciML* qui est un schéma GML dédié à l'information géologique (GeoSciML, 2014).

5.8. L'interface cartographique Web

L'interface cartographique Web représente la partie accessible aux utilisateurs. Bien qu'elle ne représente pas un grand défi sur le plan de la recherche, elle est très importante pour le succès du projet, car elle est la partie visible du SIG Web pour nos partenaires et pour les utilisateurs. Notre objectif était de développer une interface simple, conviviale et qui ne demandait aucune ou peu d'expertise en géomatique. Le prototype créé est fonctionnel sur l'ensemble des navigateurs Web, c'est-à-dire sur les systèmes multiplateformes : les écrans d'ordinateur, les tablettes et les téléphones intelligents. Nous visons une portabilité complète de l'interface cartographique Web.

Parmi les différentes options de système pour la création de l'interface cartographique Web disponible dans le marché, comme *ArcGIS Web mapping*, et *OpenLayers*, nous avons choisi d'utiliser une solution libre et ouverte. Pour cette raison, l'API cartographique principale est basée sur *OpenLayers* en raison de sa facilité de programmation dans un langage *JavaScript*. La dernière version (version 3) offre des fonctionnalités très intéressantes : rapide et portable, gestion complète des principaux services de l'OGC (WMS, WFS, GML, etc.), possibilité d'un accès à *Google Map*, *OpenStreetMap*, etc. (OpenLayers, 2014).

Une attention spéciale a été accordée à la convivialité, offrant aux utilisateurs une manipulation très simple, et un accès à des éléments graphiques et esthétiques. Pour créer le cadre de travail (*framework*) associé à l'interface cartographique, nous utilisons des

composantes graphiques basées sur l'API JQuery *UI* (JQuery Foundation, 2014). Elle permet de créer des objets graphiques comme des menus, des boîtes de dialogue, des boutons, etc. Son principal avantage est l'utilisation du langage de programmation JQuery qui est une version simplifiée du JavaScript pour les interfaces Web. Le principal effort pour la création de l'interface cartographique Web a été de relier la partie cartographique d'OpenLayers avec les éléments graphiques de JQuery *UI*.

5.9. Analyse des résultats, conclusions et recommandations

Comme le principal objectif de ce projet est de développer une solution pour la normalisation et la diffusion des données des sentiers récréatifs, nos réflexions serviront à fournir un regard sur les apports de la géomatique à travers notre schéma GML et le prototype d'interface cartographique Web. Nous mettrons en valeur ce que notre solution peut apporter au domaine des sentiers et du tourisme spécialisé. Cela servira également à faire une mise au point des problèmes et des défis rencontrés dans le développement du projet.

6. Résultats

À la lumière des étapes méthodologiques établies précédemment, nos résultats portent sur la création de l'extension de la norme GML pour les sentiers récréatifs, appelés *TrailGML*, qui sera présenté dans la première section de ce chapitre, et le prototype d'interface cartographique Web créée, présenté dans la deuxième section de ce chapitre.

6.1. La norme *TrailGML*

Bien que la nouvelle norme des données se veut générique pour l'ensemble des sentiers récréatifs, nous nous sommes concentrés surtout dans l'organisation des attributs liés à la thématique des sentiers équestres. Cela se fait en raison de la limite de temps lié au développement de la maîtrise, et aussi pour le manque de connaissance approfondie des autres activités thématiques. Cependant, ce nouveau schéma pourra facilement être complété par les attributs distinctifs des autres types d'activités selon l'intérêt de la communauté concerné.

La transformation du schéma d'application UML en GML à travers le logiciel *Enterprise Architect* présent comme résultat un fichier *XML Schema Definition* (XSD). Ce fichier, appelé techniquement comme document d'instance présente les données réelles en format de texte balisé décrivant les caractéristiques spatiales et non spatiales de chaque entité.

Comme présenté à la figure 12, le fichier XML fait appel au schéma d'application GML à travers la commande `<xs:import namespace="http://www.opengis.net/gml/3.2">` et ce qui permet la reconnaissance des entités géographiques dans le fichier XML.

```
<!--Generated by Enterprise Architect 12.1.1230 ( Build: 1230 )-->
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified" targetNamespace="TrailGML"
  <xs:import namespace="http://www.opengis.net/gml/3.2" schemaLocation="http://schemas.opengis.net/gml/3.2.1/gml.xsd"/>
  <xs:element name="Acessibility" type="TGML:AcessibilityType" substitutionGroup="gml:AbstractObject"/>
  <xs:complexType name="AcessibilityType">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="description" type="xs:string"/>
      <xs:element name="status" type="TGML:EnumAccessStatusType"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
  <xs:complexType name="AcessibilityPropertyType">
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="TGML:Acessibility"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attributeGroup ref="gml:OwnershipAttributeGroup"/>
  </xs:complexType>
  <xs:simpleType name="AgencyDataSourceType">
    <xs:union memberTypes="TGML:AgencyDataSourceEnumerationType TGML:AgencyDataSourceOtherType"/>
  </xs:simpleType>
  <xs:simpleType name="AgencyDataSourceEnumerationType">
    <xs:restriction base="xs:string">
      <xs:enumeration value="1">
        <xs:annotation>
          <xs:appinfo>
            <gml:description>chevalQuebec</gml:description>
          </xs:appinfo>
        </xs:annotation>
      </xs:enumeration>
      <xs:enumeration value="7">
        <xs:annotation>
          <xs:appinfo>
            <gml:description>equestrianCamping</gml:description>
          </xs:appinfo>
        </xs:annotation>
      </xs:enumeration>
      <xs:enumeration value="5">
        <xs:annotation>
          <xs:appinfo>
            <gml:description></gml:description>
          </xs:appinfo>
        </xs:annotation>
      </xs:enumeration>
    </xs:restriction>
  </xs:simpleType>
```

Figure 12 : Extrait du début du fichier XSD de la norme *TrailGML*.

Le cœur du schéma *TrailGML* est la classe segment de sentier (*trail segment*) (figure 13 en UML et figure 14 en GML). Cette entité de type complexe `<xs:complexType>` contient des attributs de type simple, de type complexe, et de la géométrie. En raison de la longueur du

schéma d'application et la complexité des relations, la présentation de cette classe servira d'exemple pour la sémantique et la correspondance entre la modélisation et UML et sa forme GML.

La représentation en UML est très simple à comprendre. Elle fait la relation directe entre l'entité et ses attributs, ou l'entité et les autres entités avec lesquelles elle est en relation. Sa forme GML est visiblement plus complexe, présentant tous les relations et les attributs explicitement comme le nom de l'entité, son type et les relations entre les entités.

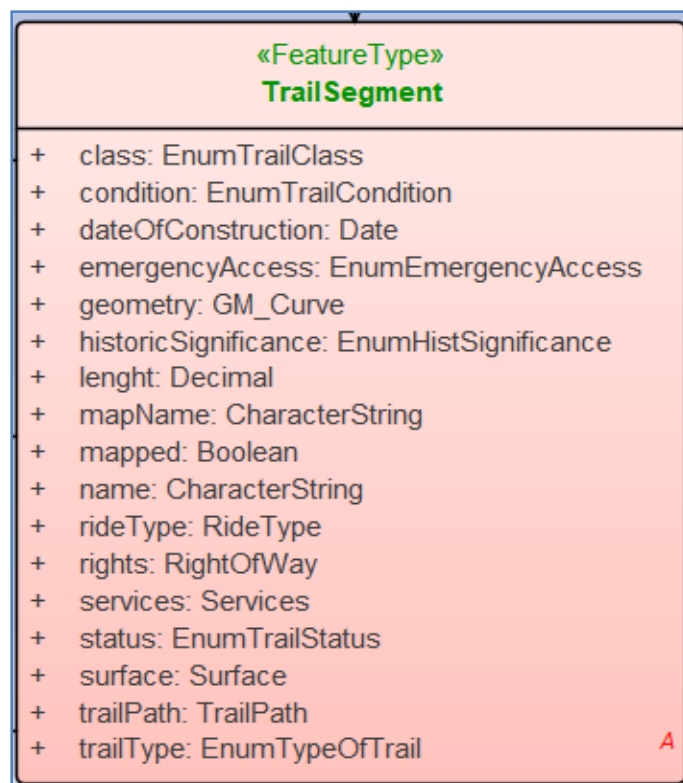


Figure 13 : La représentation de la classe « segment de sentier » (*Trail Segment*) dans le schéma d'application UML.


```

1520 <xs:element name="TrailSegment" type="TGML:TrailSegmentType" substitutionGroup="gml:AbstractFeature"/>
1521 <xs:complexType name="TrailSegmentType">
1522 <xs:complexContent>
1523 <xs:extension base="gml:AbstractFeatureType">
1524 <xs:sequence>
1525 <xs:element name="class" type="TGML:EnumTrailClassType"/>
1526 <xs:element name="condition" type="TGML:EnumTrailConditionType"/>
1527 <xs:element name="dateOfConstruction" type="xs:date"/>
1528 <xs:element name="emergencyAccess" type="TGML:EnumEmergencyAccessType"/>
1529 <xs:element name="geometry" type="gml:CurvePropertyType"/>
1530 <xs:element name="historicSignificance" type="TGML:EnumHistSignificanceType"/>
1531 <xs:element name="length" type="xs:double"/>
1532 <xs:element name="mapName" type="xs:string"/>
1533 <xs:element name="mapped" type="xs:boolean"/>
1534 <xs:element name="name" type="xs:string"/>
1535 <xs:element name="rideType" type="TGML:RideTypeType"/>
1536 <xs:element name="rights">
1537 <xs:complexType>
1538 <xs:complexContent>
1539 <xs:extension base="gml:AbstractMemberType">
1540 <xs:sequence>
1541 <xs:element ref="TGML:RightOfWay"/>
1542 </xs:sequence>
1543 </xs:extension>
1544 </xs:complexContent>
1545 </xs:complexType>
1546 </xs:element>
1547 <xs:element name="services">
1548 <xs:complexType>
1549 <xs:complexContent>
1550 <xs:extension base="gml:AbstractMemberType">
1551 <xs:sequence>
1552 <xs:element ref="TGML:Services"/>
1553 </xs:sequence>
1554 </xs:extension>
1555 </xs:complexContent>
1556 </xs:complexType>
1557 </xs:element>
1558 <xs:element name="status" type="TGML:EnumTrailStatusType"/>
1559 <xs:element name="surface">
1560 <xs:complexType>
1561 <xs:complexContent>
1562 <xs:extension base="gml:AbstractMemberType">
1563 <xs:sequence>
1564 <xs:element ref="TGML:Surface"/>
1565 </xs:sequence>
1566 </xs:extension>
1567 </xs:complexContent>
1568 </xs:complexType>
1569 </xs:element>
1570 <xs:element name="trailPath" type="TGML:TrailPathType"/>
1571 <xs:element name="trailType" type="TGML:EnumTypeOfTrailType"/>
1572 </xs:sequence>
1573 </xs:extension>
1574 </xs:complexContent>
1575 </xs:complexType>
1576 <xs:complexType name="TrailSegmentPropertyType">
1577 <xs:sequence minOccurs="0">f
1578 <xs:element ref="TGML:TrailSegment"/>
1579 </xs:sequence>
1580 <xs:attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
1581 <xs:attributeGroup ref="gml:OwnershipAttributeGroup"/>
1582 </xs:complexType>

```

Figure 14 — La classe « segment de sentier » (*trail segment*) en format GML.

La description détaillée de l'ensemble des entités contenues dans la classe segment de sentier servira d'exemple pour comprendre les différents éléments présents dans la norme *TrailGML*.

A) Classe classe (*class*)

<i>class : EnumTrailClass</i>	<code><xs:element name="class" type="TGML:EnumTrailClassType"/></code>
-------------------------------	--

Cette entité complexe sert à classer le segment de sentier en relation avec son niveau de développement. Pour définir les attributs, elle fait appel à une deuxième entité appelée `<EnumTrailClassType>` qui contient une énumération classée des différents niveaux de développement, allant de minimalement développé à complètement développé.

B) Classe condition (*condition*)

<i>condition:EnumTrailCondition</i>	<code><xs:element name="condition" type="TGML:EnumTrailConditionType"/></code>
-------------------------------------	--

Cette entité complexe sert à identifier la condition générale du sentier. Les attributs sont stockés dans une deuxième entité appelée `<EnumTrailConditionType>` qui contient une énumération classée des différentes conditions, allant de sentier fonctionnel à besoin de réparations.

C) Classe date de construction (*date of construction*)

<i>dateOfConstruction:Date</i>	<code><xs:element name="dateOfConstruction" type="xs:date"/></code>
--------------------------------	---

Cette entité simple contient la date de construction ou aménagement du sentier. L'information est directement saisie dans l'attribut `< xs:date >` qui est formaté par défaut comme YYYY-MM-DD.

D) Classe accès d'urgence (*emergency access*)

<i>emergencyAccess :</i> <i>EnumEmergencyAccess</i>	<code><xs:element name="emergencyAccess"</code> <code>type="TGML:EnumEmergencyAccessType"/></code>
--	---

Cette entité complexe identifie le type de transport possible sur ce tronçon dans le cas d'une situation d'urgence. Les attributs sont stockés dans une deuxième classe appelée `<EnumEmergencyAccessType>` qui énumère les types de transports possibles à cet endroit, par exemple : hélicoptère, motocyclette, véhicule tout terrain ou accessible juste à pied.

E) Classe géométrie (*geometry*)

<i>Geometry: GM_Curve</i>	<code><xs:element name="geometry" type="gml:CurvePropertyType"/></code>
---------------------------	---

Cette entité géométrique établit la propriété spatiale du segment de sentier. Définie par l'attribut `<gml:CurvePropertyType>`, soit la géométrie de courbe pour la classe segment de sentier.

F) Classe signficance historique (*historic significance*)

<i>historicSignificance:</i> <i>EnumHistSignificance</i>	<code><xs:element name="historicSignificance" type="TGML:EnumHistSignificanceType"/></code>
---	---

Cette entité complexe identifie si le segment de sentier est classé par un organisme comme une importance historique officiellement reconnue. Les attributs sont stockés dans une deuxième entité appelée `<EnumHistSignificanceType>` qui énumère les différentes catégories comme éligible, pas éligible, listée et pas évaluée.

G) Classe longueur (*length*)

<i>Length: Decimal</i>	<code><xs:element name="length" type="xs:double"/></code>
------------------------	---

Cette entité simple gère l'information numérique de la longueur du segment de sentier à travers l'attribut `<xs:double>`, permettant des numéros décimaux.

H) Classe nom de la carte (*map name*)

<i>mapName : CharacterString</i>	<code><xs:element name="mapName" type="xs:string"/></code>
----------------------------------	--

Cette entité simple identifie le nom de la carte en lien avec le segment de sentier. Cette information est directement stockée à travers l'attribut `<xs:string>` qui accepte des chaînes de caractère.

I) Classe mappée (*mapped*)

<i>Mapped: Boolean</i>	<code><xs:element name="mapped" type="xs:boolean"/></code>
------------------------	--

Cette entité simple identifie si le segment de sentier a été déjà cartographié. L'attribut de type booléen `<xs:boolean>` a comme attribut vrai ou faux.

J) Classe nom (*name*)

<i>Name: CharacterString</i>	<code><xs:element name="name" type="xs:string"/></code>
------------------------------	---

Cette entité simple décrite à travers l'attribut de type chaîne de caractère `<xs:string>` le nom du segment de sentier.

K) Classe type de parcours (*ride type*)

<i>rideType : RideType</i>	<code><xs:element name="rideType" type="TGML:RideTypeType"/></code>
----------------------------	---

Cette entité de type complexe identifie le type de parcours en lien avec le segment de sentier. Les attributs sont stockés dans une autre classe qui s'appelle `< TGML:RideTypeType>` qui présente si le parcours est journalier ou de longue durée

L) Classe droits (*rights*)

<i>Rights: RightOfWay</i>	<pre> <xs:element name="rights"> <xs:complexType> <xs:complexContent> <xs:extension base="gml:AbstractMemberType"> <xs:sequence> <xs:element ref="TGML:RightOfWay"/> </xs:sequence> </xs:extension> </xs:complexContent> </xs:complexType> </xs:element> </pre>
---------------------------	---

Cette entité complexe identifie les droits et propriétés liés au segment de sentier. Cette classe est liée à une autre classe appelée `<rightOfWay>`. Cette classe garde quelques attributs comme la date de début et de fin de l'entente, le numéro de l'entente, l'identification du responsable légal avec son nom et ses coordonnées. La définition du type d'entente signée est gardée dans une troisième entité appelée `<enumIghtOfWay>` qui fait l'énumération des types de droits

accordés, par exemple, une servitude, un bail, un permis d'utilisation ou une servitude temporaire.

M) Classe services (*services*)

Services : Services	<pre> <xs:element name="services"> <xs:complexType> <xs:complexContent> <xs:extension base="gml:AbstractMemberType"> <xs:sequence> <xs:element ref="TGML:Services"/> </xs:sequence> </xs:extension> </xs:complexContent> </xs:complexType> </xs:element> </pre>
---------------------	---

Cette entité identifie le niveau de services disponible au long du segment de sentier. Elle fait appel à une autre entité appelée services *<services>* qui contient le nom du service et qui fait appel à une troisième entité appelée niveau de service *<level of services>* qui contient une liste de codes pour décrire le volume de services : élevé (*high*), un bas nombre (*low*), un niveau modéré (*moderate*) ou des services sont inexistantes (*N/A*).

N) Classe status (*status*)

<i>Status:</i> <i>EnumTrailStatus</i>	<pre> <xs : element name="status" type="TGML:EnumTrailStatusType"/> </pre>
--	--

Cette entité complexe identifie si le sentier est prêt à l'utilisation. Elle fait appel à une autre entité *<EnumTrailStatusType>* qui contient une énumération des possibles status du sentier : existant, planifié, désactivé, ou si son statut est inconnu.

O) Classe surface (*surface*)

Surface : Surface	<pre> <xs:element name="surface"> <xs:complexType> <xs:complexContent> <xs:extension base="gml:AbstractMemberType"> <xs:sequence> <xs:element ref="TGML:Surface"/> </xs:sequence> </xs:extension> </xs:complexContent> </xs:complexType> </xs:element> </pre>
-------------------	---

	<pre> </xs:sequence> </xs:extension> </xs:complexContent> </xs:complexType> </xs:element> </pre>
--	--

Cette entité complexe identifie les classes de matériaux utilisés pour préparer la surface du sentier. Elle fait appel à une autre classe *<surface>* qui garde l'attribut de la largeur moyenne du sentier et fait appel à deux autres classes, soit matériel surfacique *<surfaceMaterial>* et préparation de la surface *<surfacePreparation>* qui contient respectivement une liste de code qui identifie le matériel présent en surface par exemple : terre battue, gravier, asphalte, et le type de préparation réalisée, par exemple le dégagement du couloir du sentier.

P) Classe chemin (*trail path*)

<i>trailPath :</i> <i>TrailPath</i>	<pre> <xs:element name="trailPath" type="TGML:TrailPathType"/> </pre>
--	---

Cette entité de type complexe identifie le type de chemin dont le tronçon de sentier fait partie. Elle fait appel à une autre classe *<trailPath>* qui contient une liste des attributs qui identifient les types de parcours, par exemple : tronçon de départ du parcours, sentier en boucle ou parcours de longue distance.

Q) Classe type de sentier (*trail type*)

<i>trailType :</i> <i>EnumTypeOfTrail</i>	<pre> <xs:element name="trailType" type="TGML:EnumTypeOfTrailType"/> </pre>
--	---

Cette entité contient les informations sur le type de sentier. Elle fait appel à une liste de codes *<EnumTypeOfTrailType>* identifie si le sentier est en terre, s'il est aquatique ou un sentier d'hiver avec surface enneigé.

Les autres classes qui font partie de la norme sont :

- Accessibilité (*accessibility*) — Décrit le statut d'accessibilité du segment de sentiers pour l'utilisation adaptée.

- Coûts (*costs*) — Identifie les coûts de manutention, d'opération, les coûts de maintenance différée, les coûts de construction des améliorations et la date de mise à jour
- Inspection (*inspection*) — Décris le type d'inspection réalisé, la date, les responsables pour sa réalisation et la fréquence des inspections.
- Emplacement (*location*) — Identifie la localisation du segment de sentier à niveau municipal, provincial, la juridiction, et l'unité administrative du segment de sentier.
- Entretien (*maintenance*) — Contiens la description de l'entretien réalisé, la fréquence, et l'organisme responsable.
- Média (*media*) — Contiens les photos et vidéos du segment de sentier.
- Gestion (*management*) — Identifie, selon la pertinence, l'organisation administrative à laquelle le segment de sentier réside physiquement, le réseau de voyage auquel le segment appartient, le réseau routier auquel le segment appartient, l'organisation qui à la responsabilité à long terme, le plan d'utilisation des terres, la zone de gestion traversée par le segment.
- Planification (*planning*) — identifie les responsables pour les planifications, manutentions et mise en service du sentier.
- Risque (*risk*) — identifie l'existence de risques, les fréquences d'inspection, les efforts mis en place pour les atténuer et les précautions et avertissements qui devront être faits aux utilisateurs.
- Droit de passage (*right of way*) — Identifie toutes les informations liées à l'identification des documents et responsables légales des ententes d'utilisation.
- Superficie (*surface*) — Décris le type de superficie existante (exemples : pavé ou surface naturelle) le type de matériel et la largeur moyenne de ce segment de sentier.
- Usage (*use*) — Contiens la description générale, la classification de l'utilisation pour lequel le segment a été conçu, l'utilisation qui se fait réellement et les utilisations interdites.
- Saison (*season*) — Liste les quatre saisons possibles d'utilisation. Cette information sera utilisée pour identifier les utilisations permises à chacune des saisons.
- Visiteur (*visitor*) — Contiens la description des visiteurs plus fréquents.

6.2. Le prototype de l'interface cartographique Web

L'interface cartographique a été développée pour être une solution conviviale et accessible. Cette initiative vise à permettre l'interaction avec différents outils et données pour la planification de parcours et recherche d'information aux utilisateurs sans connaissances techniques en géomatique. Les différents composants disponibles permettent un choix éclairé et sécuritaire des randonnées, pouvant prendre en considération des informations de type d'utilisation permise, de distance, et de prévision météorologique. Nous présentons ici, de façon non exhaustive, chacun des outils et ses possibles applications.

A) les interfaces disponibles aux utilisateurs et les outils cartographiques de base

Sur l'interface première (figure 15), l'utilisateur aura accès à toutes les données ouvertes et libres. La carte de base a été configurée pour présenter l'étendue de la province du Québec, mais elle sera configurée pour prendre en considération la localisation de l'utilisateur à travers la demande d'autorisation de géolocalisation du navigateur Web.

Le prototype fournit quelques outils de base pour la visualisation cartographique, entre autres :

- a) L'outil <zoom> permet la navigation facile et rapide à travers différentes échelles de la carte;
- b) Le bouton <plein écran> permet la visualisation de la carte en plein écran, sans les menus et outils;
- c) la barre <escale> fournit un support visuel de la distance à travers l'échelle graphique;
- d) les <coordonnées géographiques> fournissent l'information de latitude et longitude du point sur lequel pointe la souris;
- e) La barre <recherche> permet la recherche d'un emplacement à travers l'adresse;
- f) Le bouton <nord> permet de replacer en tout temps la carte avec la direction du nord géographique en haut de la page;

- g) Le bouton <question> redirige l'utilisateur à une page de support qui contiendra des explications des principaux outils et des directives de base pour l'utilisation du SIG Web, ainsi comme les questions fréquemment posées;
- h) Le bouton <courriel> permet la communication avec l'administrateur de la page à travers un message courriel.

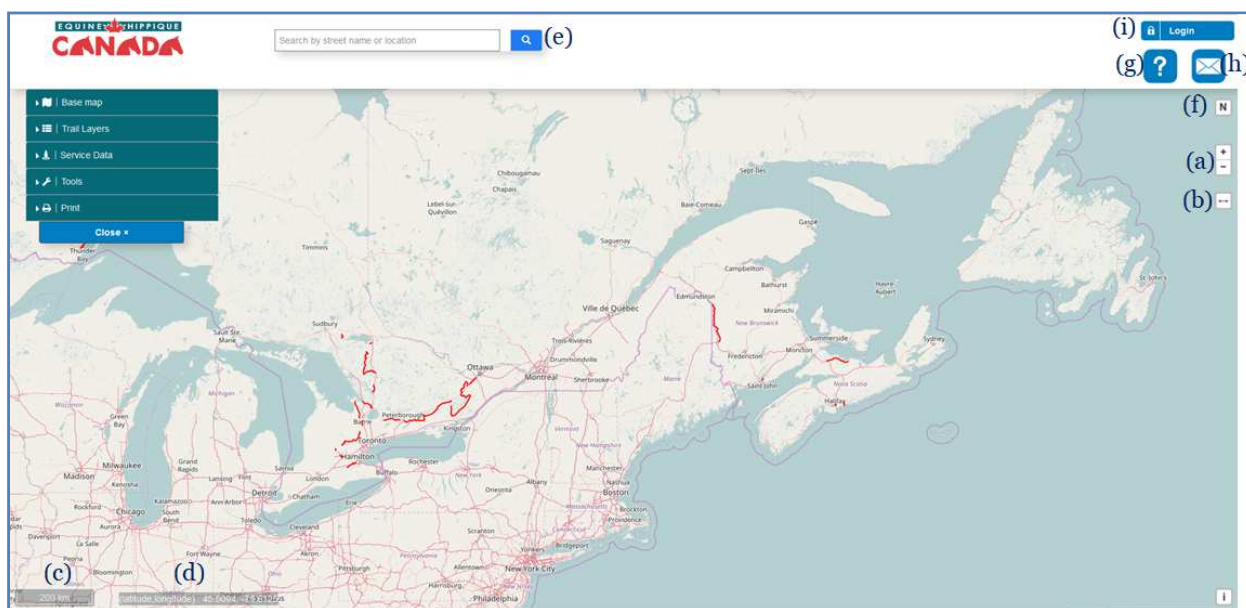


Figure 15 — L'interface cartographique Web

Bien que la nouvelle norme de gestion des données sur les sentiers soit ouverte, certaines valeurs restent confidentielles. Par exemple, certains clubs équestres veulent donner accès aux informations seulement à leurs membres. Pour cette raison, un des points importants a été d'assurer un accès sécurisé pour certaines données. Pour cette raison, sur l'interface ouverte du prototype, les utilisateurs peuvent consulter les informations concernant les sentiers appartenant au réseau de sentier transcanadien qui sont de libre consultation et téléchargement sur leur interface.

Une deuxième interface (figure 16) est disponible à travers le bouton <login> (figure 15 i). Elle contient les mêmes fonctionnalités que l'interface ouverte, mais chaque utilisateur aura accès à des données exclusives au club équestre auquel il appartient. Même si le projet vise une solution libre et ouverte, cette deuxième interface est nécessaire jusqu'à l'obtention d'une

entente pour le partage des données de façon ouverte. Le bouton <logout> (16a) permet de retourner à l'interface ouverte.

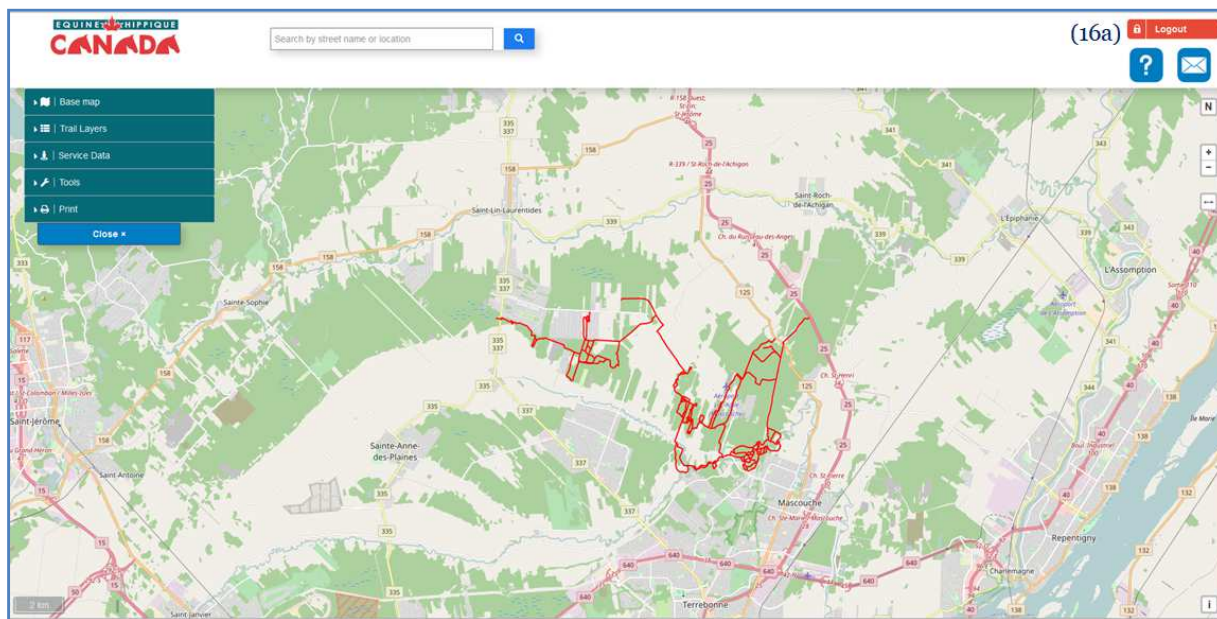


Figure 16 — L'interface appartenant au club équestre de Mirabel.

B) la fenêtre interactive

Un clic de la souris sur un tronçon de sentier permet l'ouverture d'une fenêtre *popup* qui présente des informations additionnelles (figure 17). Un premier onglet (17a) présente les métadonnées qui sont sur la base de données. Des informations comme le nom du tronçon, le type d'activité permise, le type de sentier, l'environnement, et la longueur sont présentés. Le deuxième onglet (17b) a été configuré pour contenir des informations multimédias, comme des photos et vidéos locales. Le troisième onglet (17c) permet l'interactivité avec les utilisateurs, qui pourront faire des commentaires et recommandations de ce parcours. Comme ses fonctionnalités sont encore en développement, elles ont été configurées seulement pour les données du sentier transcanadien.

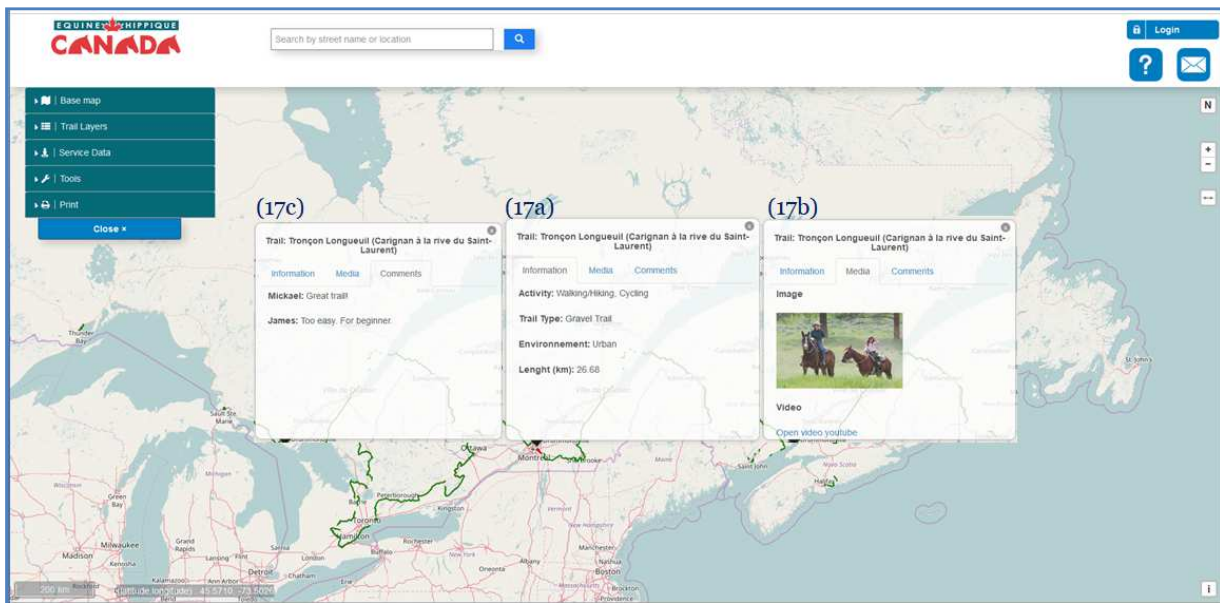


Figure 17 : la fenêtre *popup* interactive

C) Les éléments du menu principal

Pour permettre la planification pour les différents types d'activité possible, nous avons mis à disposition différentes options de fond de carte (figure 18). Le fond de carte par défaut est celui de OpenStreetMap (18a) qui présente à haut niveau les types d'utilisation du territoire, comme les zones protégées, les zones urbaines et les rues. Des couches d'imagerie (18b) et topographie (18c) provenant de ESRI et une couche d'imagerie de Mapbox (18d) sont disponibles. Ses couches ont été ajoutées à travers le service de OpenLayers 3.

Le menu *<trail layers>* présente les données des sentiers séparés par catégorie, permettant sa visualisation de façon individuelle (figure 19). Dans le cas où l'utilisateur désire faire plus d'un type d'activité, il pourra choisir plus d'une option. Dans le prototype, la catégorie équestre (19a) a été privilégiée, mais quelques autres exemples de classes d'utilisation sont rassemblés dans le menu *<others>* (19b).

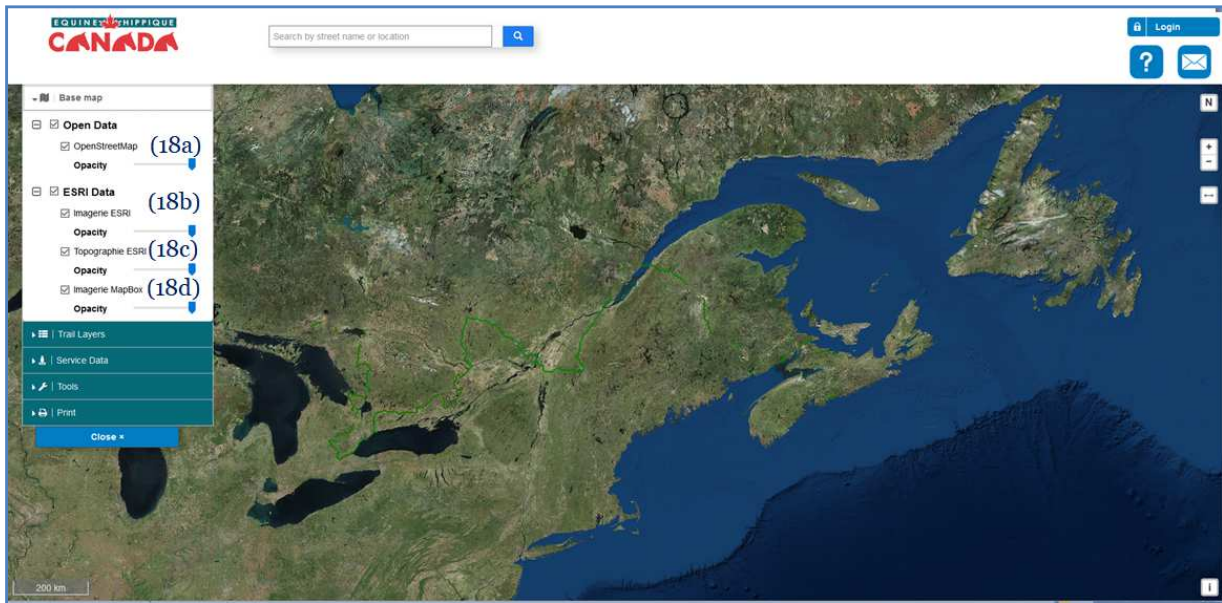


Figure 18 : Les différentes options de fonde de carte

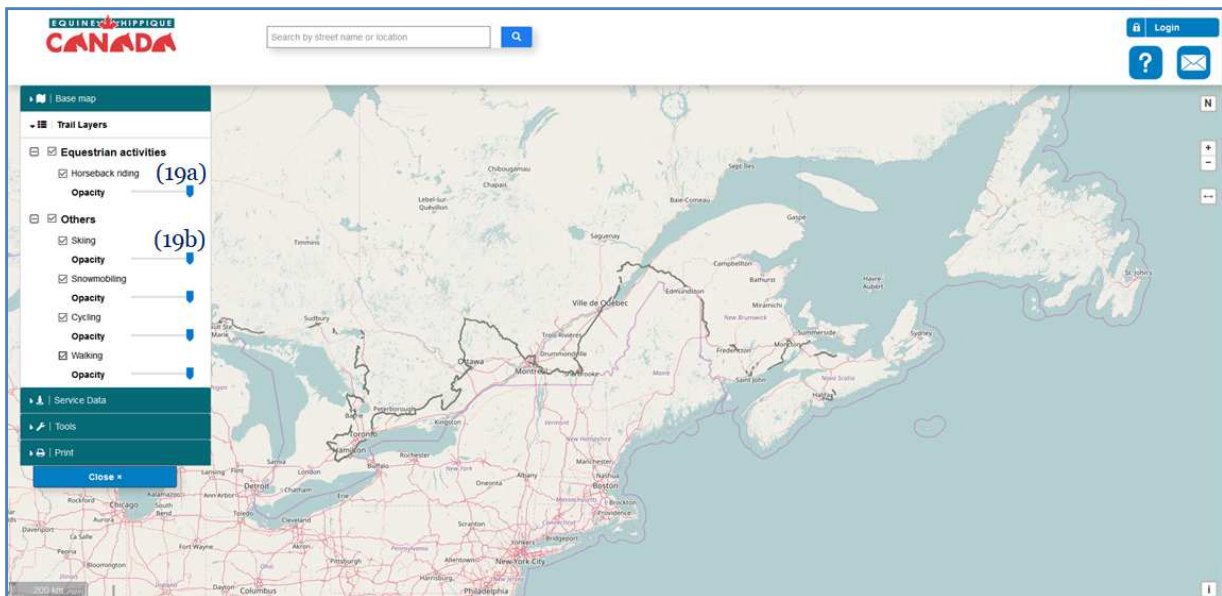


Figure 19 : L'affichage des tracés des sentiers

Comme l'interface cartographique Web a été élaborée en respectant les normes de diffusion de données de l'OGC. Cela nous a permis d'ajouter des couches météorologiques du service GeoMet d'environnement Canada (Environnement Canada, 2016). Les couches sont accessibles par le biais du standard WMS et elles sont accompagnées des métadonnées selon le standard ISO 19115.

L'accompagnement, en temps réel les prévisions météorologiques au moment de la planification des randonnées en sentiers se montre comme un atout de notre prototype. Cela vient contribuer directement à la qualité des randonnées, considérant le bien-être des personnes et des animaux impliqués dans le cas des activités équestres. Selon les spécialistes, la température extérieure idéale pour un équidé se situe entre -5 et 15°C. Un cheval au repos commence à souffrir de la chaleur au-dessus de 20°C (Simon, 2015).

La première couche présente est celle de la quantité de précipitation (RDPS.ETA_PR), provenant du système de prédiction déterministe régional (RDPS). Avec une résolution de 15 kilomètres, elle permet de visualiser le modèle de quantité de précipitation pour 6 heures (figure 20).

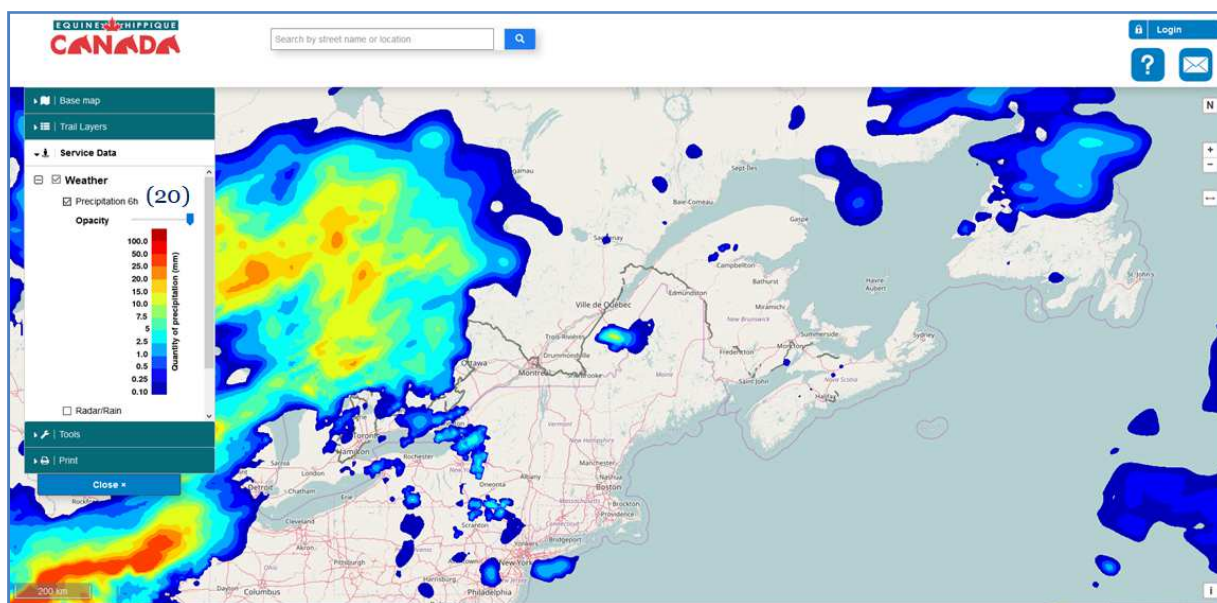


Figure 20 : Couche WMS de Environnement Canada pour la quantité de précipitation.

La deuxième couche est celle du modèle de précipitation (RADAR_RRAI). Élaborée à travers des images radar, cette couche a une résolution de 4 km et est mise à jour toutes les 10 minutes (figure 21).

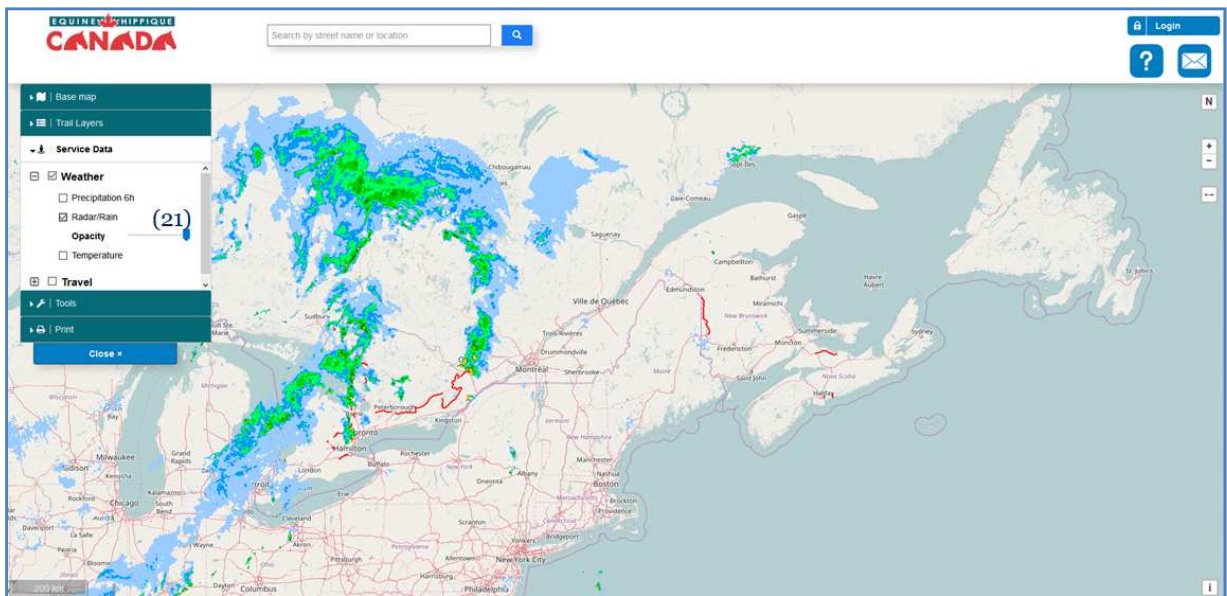


Figure 21 : Couche WMS de Environnement Canada pour le modèle de précipitation.

La troisième couche présente les données de température de l'air (RDPS.ETA_TT), extraite également du RDPS d'environnement Canada. Cette couche a une résolution de 15km (figure 22).

Le menu *<travel>* est une fonction prévue, mais pas encore fonctionnelle. Elle contiendra des informations accessoires pour la planification des randonnées comme les accommodations, les restaurants et autres informations touristiques (figure 23). À l'inverse des activités touristiques dans les villes, les randonnées sur les sentiers ne permettent pas d'explorer les régions avoisinantes en raison de la difficulté de les repérer en terrain et du manque d'un inventaire de points d'intérêt autour du sentier.

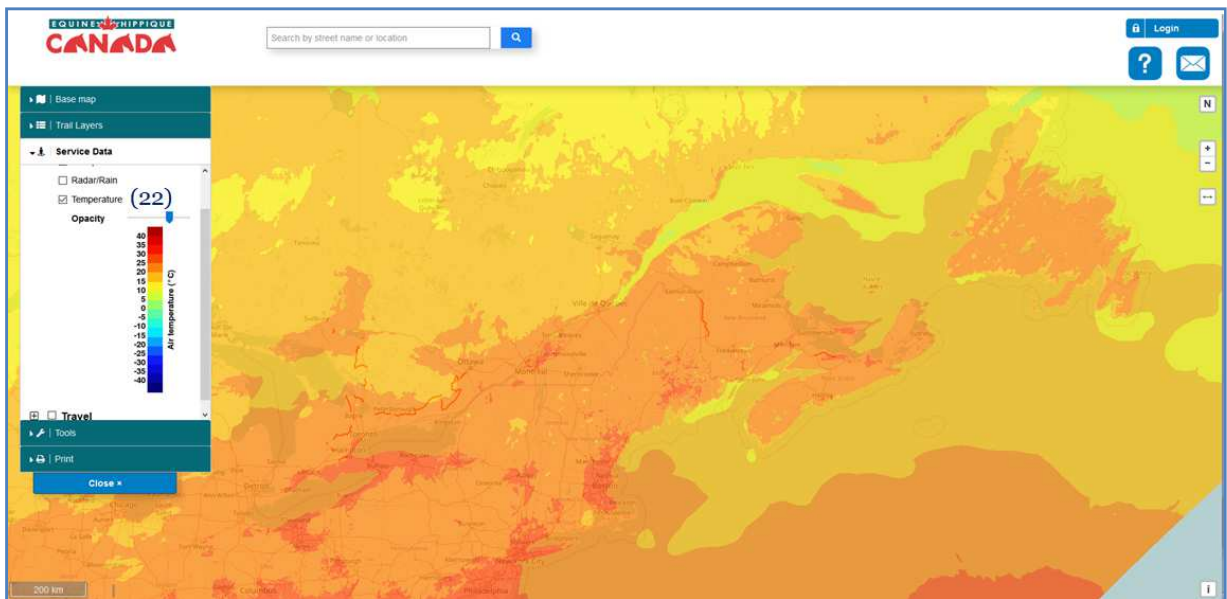


Figure 22 : Couche WMS de Environnement Canada pour les données de température.

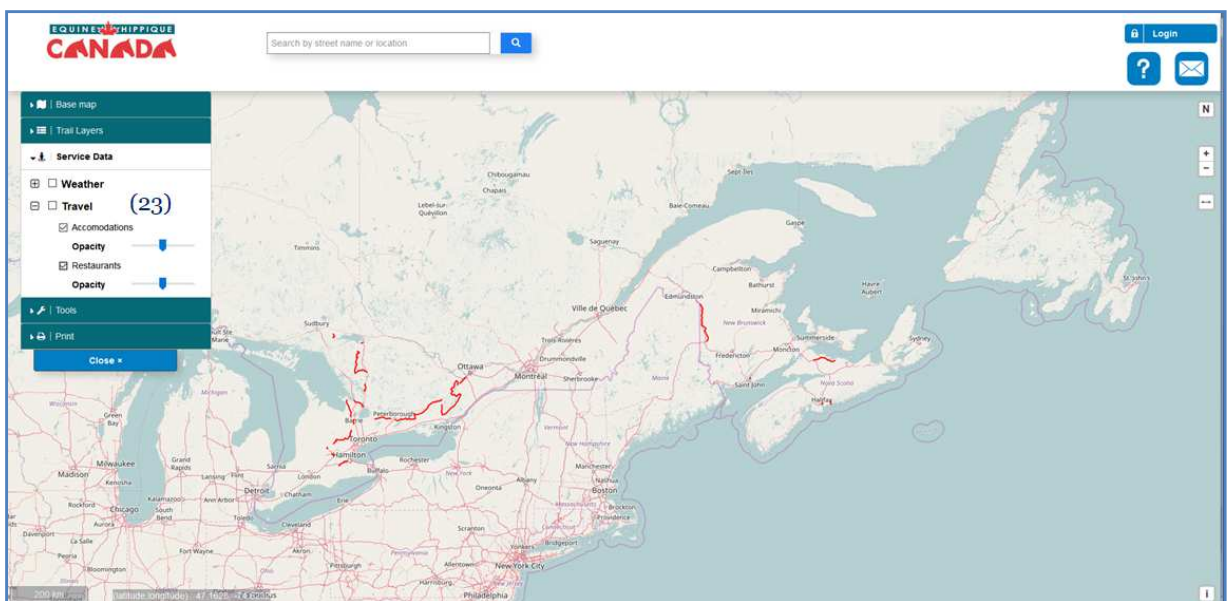


Figure 23 : Menu travel — fonctionnalité prévue de l'interface cartographique Web

Pour faciliter la planification des déplacements, le menu *<tools>* met à disposition des utilisateurs des fonctions complémentaires.

L'outil *<explore>* permet la sélection des sentiers selon différents critères (figure 24).

L'option *<type>* permet la sélection du type de tronçon, soit des sentiers ou des routes.

Comme plusieurs activités récréatives sont permises en bordure des routes locales, par exemple l'équitation ou le vélo, les utilisateurs doivent être informés d'avance de type de sentier pour s'informer des règles spécifiques à respecter.

Le Ministère du Transport du Québec (MTQ) a élaboré une brochure avec des règles de sécurité routière pour les chevaliers sur les routes au Québec. Ce document présente, entre autres, le fait d'avoir 16 ans et être qualifié pour circuler seul à cheval sur les routes, ou être accompagné d'une personne compétente (MTQ, s.d.).

Dans le même but, la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) a élaboré deux guides, soit le guide de sécurité à vélo (SAAQ, 2017a) et le Guide des bonnes pratiques à vélo sur le réseau routier (SAAQ, 2017b).

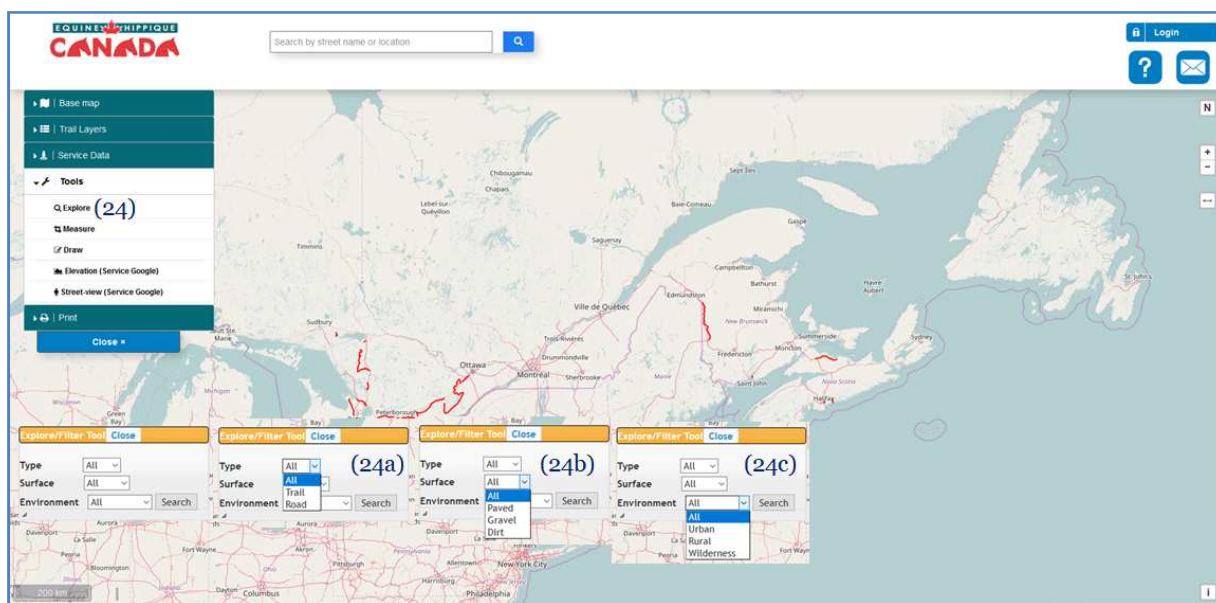


Figure 24 : L'outil explore

L'option <surface> permet de sélectionner le sentier selon le type de matériaux en surface, soit pavée, gravel ou terre battue. La préparation des équipements et même des animaux doit se faire différemment selon le matériel du sentier, par exemple le type de vélo ou le besoin de ferrer ou pas le cheval.

L'option <environnement> permet de sélectionner le type d'expérience souhaité, soit des randonnées dans les zones urbaines, les zones rurales ou les régions de nature sauvage. Cela permettra aussi de bien cibler les accommodations et les activités présentes en bordure des sentiers, améliorant l'expérience des touristes.

L'outil <mesure> a été développé pour permettre la prise de mesures linéaires. Comme la plupart des outils de cartographie Web, la configuration d'outil de mesure permet de calculer la distance de randonnée d'un point (A) jusqu'à un point (B), améliorant la planification de la randonnée (figure 25).

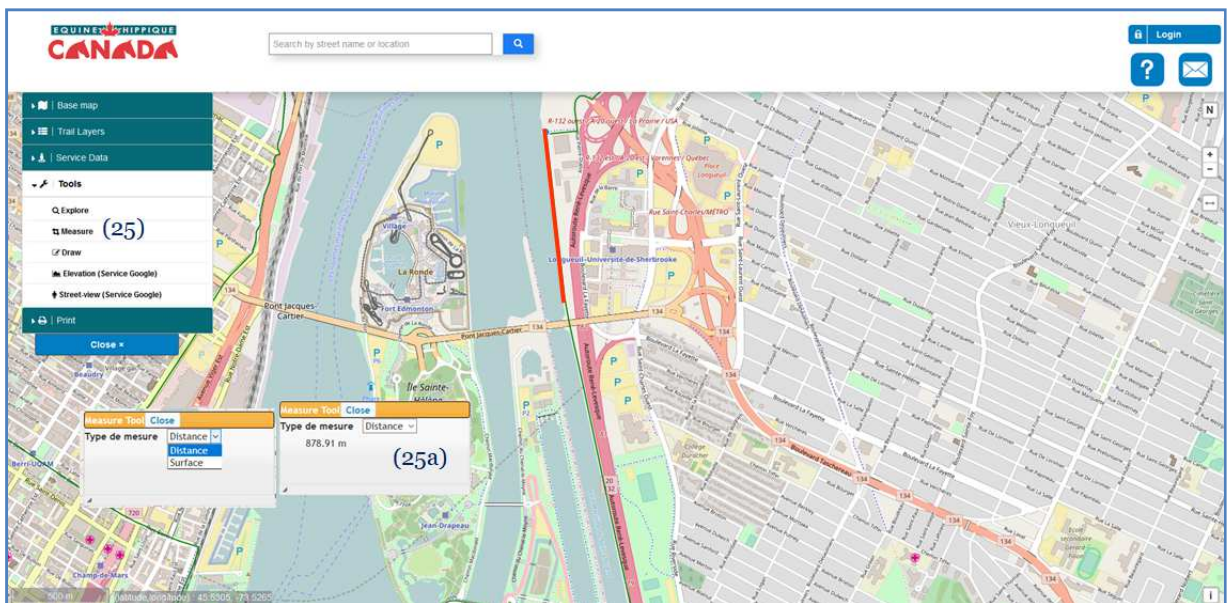


Figure 25 : L'outil mesure

L'outil <draw> est un outil d'aide à visualisation (figure 26). L'insertion des éléments ponctuels, linéaires, polygonaux et circulaires sur la carte pourra servir surtout à la présentation finale de la carte si l'utilisateur veut l'imprimer et l'utiliser comme outil de consultation pendant la randonnée.

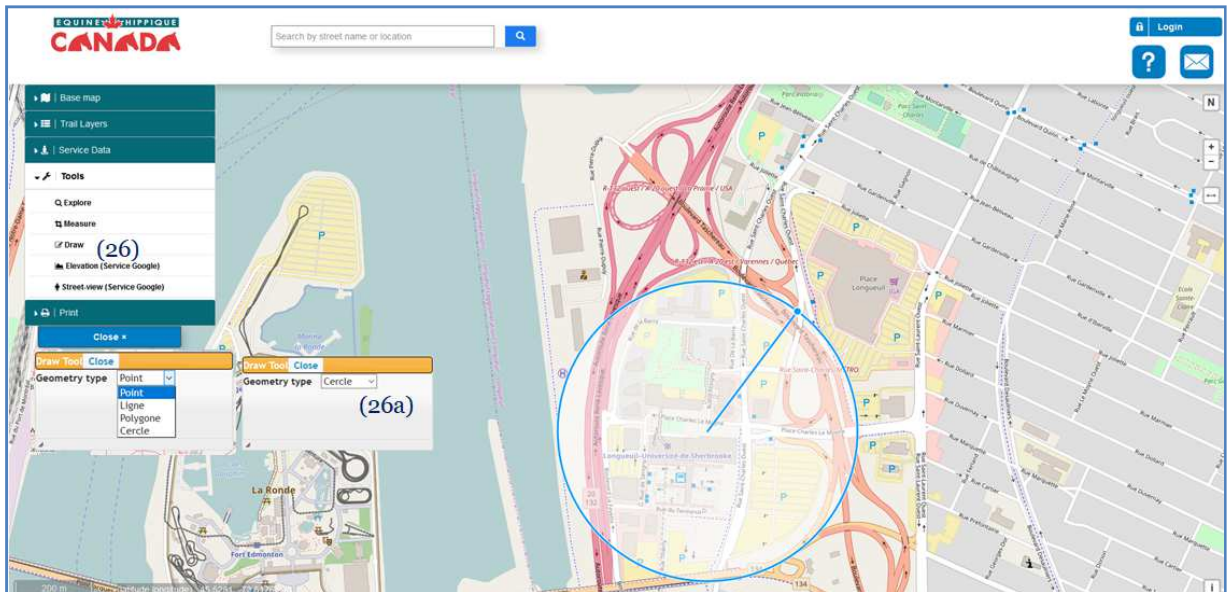


figure 26 : L’outil draw

Le menu *<elevation>* et *<street-view>* sont des fonctionnalités prévues dans le système. Ses services offerts par Google permettront l’utilisation de fonctionnalités complémentaires aux utilisateurs.

Le service Google Maps Elevation API à travers la fonctionnalité *ElevationService* offre la possibilité d’obtenir des données d’altitude échantillonnée le long d’un tracé afin de calculer les variations d’altitude équidistante au cours d’un itinéraire (Google, 2017). Cette fonctionnalité vise surtout à fournir l’information concernant l’effort et les ressources nécessaires pour la réalisation du parcours choisi. La figure 27 montre un exemple du fonctionnement de l’outil.

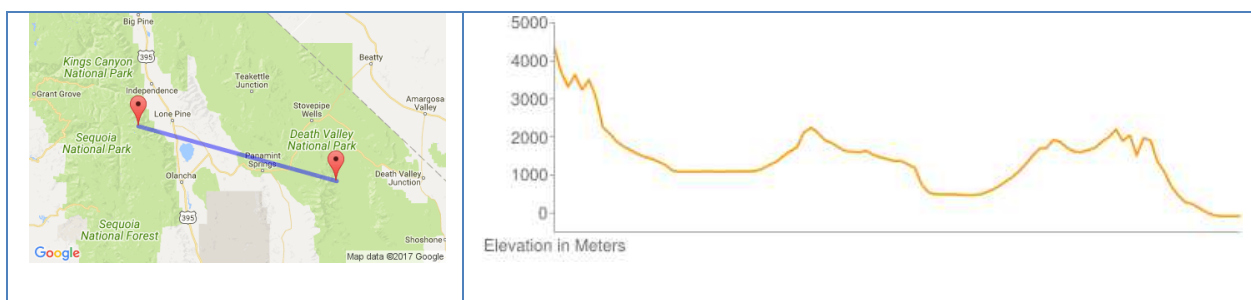


Figure 27 : Exemple d’affichage des informations d’élévation sur la carte et son correspondant en graphique de variation du relief. (Source : Google Maps Elevation API — Guide du développeur (Google, 2017)).

Le menu *<street view>* permettra la visualisation du paysage pour les parcours qui sont présents dans la banque d'image traditionnelle de Google street view, permettant une immersion sur le parcours et une visualisation du paysage dans un angle de 360°. Il faut considérer que cela sera possible pour les parcours qui ont déjà été cartographiés par Google. La figure 28 montre un exemple du fonctionnement de cet outil.



Figura 28 : Exemple d’affichage des informations travers google street view

Le menu *<print>* permettra à ceux qui ne sont pas des habitués à la navigation sur des appareils mobiles ou ceux qui ne veulent pas faire l’utilisation des équipements électroniques pendant les randonnées d’imprimer les résultats finaux de leur planification sur l’interface Web (figure 29). Les utilisateurs pourront choisir le format d’impression (A4 et A3) (29a) et aussi choisir l’escala d’affichage de la carte (29b).

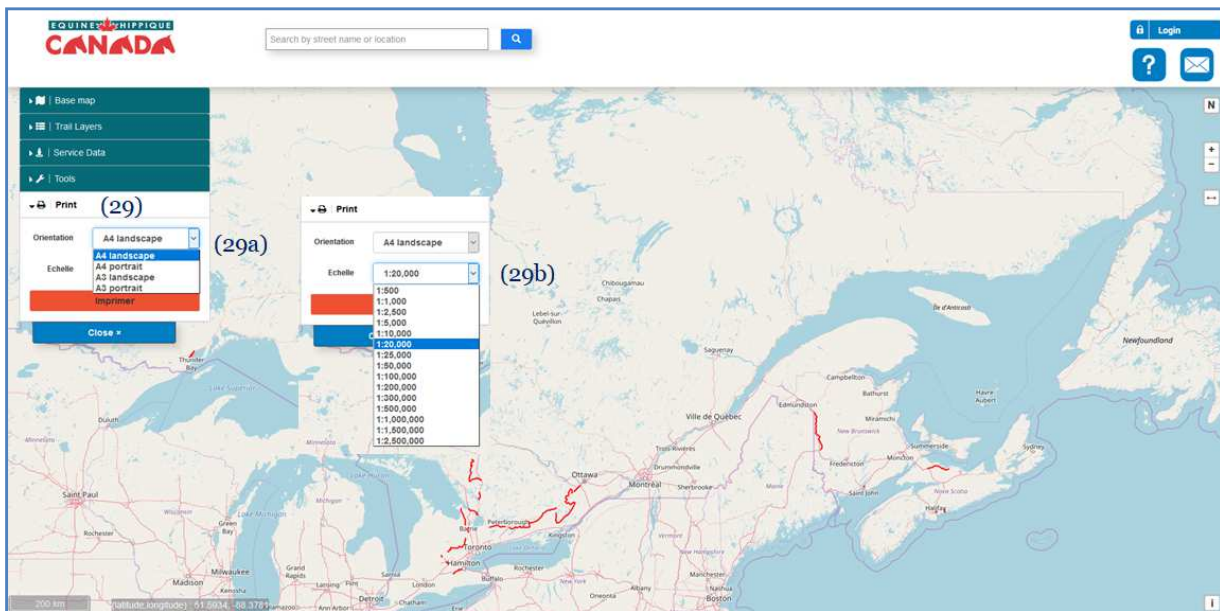


Figure 29 : Le menu print

7. Discussion des résultats et conclusion

Le travail de recherche présenté dans ce mémoire définit une extension à la norme GML pour la thématique des sentiers récréatifs. Ce projet a été réalisé en collaboration avec « Équine Canada », « Cheval Québec », et d'autres organismes qui ont un intérêt commun dans la création d'une plate-forme de partage des données. Nos résultats renforcent le développement de l'interopérabilité des données géographiques liées à cette thématique pour permettre son partage et son utilisation conjointement à d'autres sources de données.

L'ensemble des étapes méthodologiques et les résultats obtenus répondent aux objectifs du projet. Tout d'abord l'identification des catégories et les éléments pertinents, jumelés à l'analyse des données fournies par le partenaire nous ont permis de bien cibler le cadre de travail et de définir une architecture sémantique de base pour stocker et gérer l'ensemble des informations géométriques et géographiques pour la thématique des sentiers récréatifs. L'élaboration du prototype d'interface cartographique Web à son tour, nous a permis de proposer une solution pour mettre en valeur les activités récréatives développées sur les sentiers.

Au cours de la réalisation de ce projet, nous avons constaté que la création d'une norme GML pour les sentiers récréatifs dépasse le temps et le mandat d'une recherche de niveau de maîtrise. Cela doit être une action conjointe de différents organismes et groupes de recherche à un niveau international. La soumission de la norme à l'OGC est une porte d'entrée pour le début des discussions. En raison du manque de temps, l'étape de validation de la conformité du schéma à travers l'outil de validation disponible par l'OGC reste encore à faire.

Il reste aussi des axes de recherche et de développement à réaliser autour du projet. L'axe principal d'évolution du *TrailGML* et de la plate-forme Web est l'inclusion des données d'autres activités sur les sentiers, comme le cyclisme, le ski de fond, etc. Seuls les attributs reliés aux activités équestres sont inclus dans la norme. L'ajout des autres activités est prévu dans le schéma d'application. Comme on peut observer dans la figure 30, d'autres catégories ont été déjà incluses dans la classe `<useClassification>` par exemple les véhicules tout terrain `<allTerrainVehicle>`, la motoneige `<snowmobile>` et le cyclisme `<cycling>`. Ces attributs font appel à d'autres classes qui contiendront les attributs de chaque thématique.

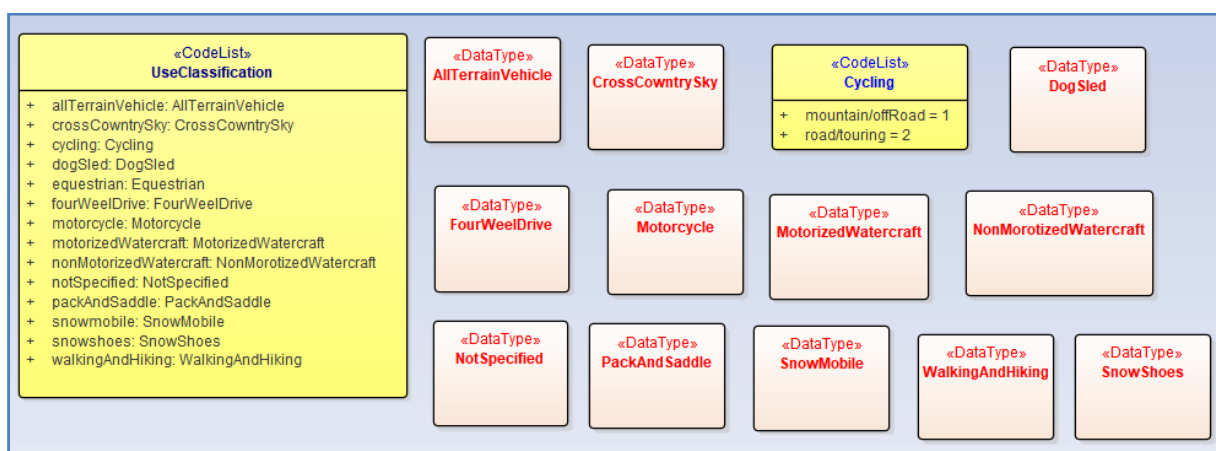


Figure 30 : Les entités créées pour accueillir les métadonnées des autres catégories d'activités développées sur les sentiers.

Un second axe d'amélioration est l'inclusion des données adjacentes, soit les informations des hébergements et des activités en proximité des sentiers. Ces fonctionnalités déjà prévues sur

l'interface Web seront développées en suivant les thématiques et les intérêts des partenaires, et au besoin, d'autres éléments seront aussi ajoutés pour améliorer l'expérience des utilisateurs.

Les questions légales concernant le droit d'exploitation des données doivent être aussi travaillées. Même en démontrant l'intérêt pour le développement du projet, quelques organismes ont manifesté une réticence au partage de leurs données en raison des droits de propriété. Selon eux, la divulgation de leurs informations au grand public pourrait inciter à l'utilisation de façon irresponsable, sans prendre en considération les risques associés, ce qui engendrerait de possibles responsabilités légales dans le cas d'un accident.

Une autre question à être discutée est les coûts reliés à la réalisation des activités. Comme plusieurs tronçons de sentiers ont été aménagés sur des terrains privés, cela a un coût pour ceux qui ont le droit de passage. Le contrôle appliqué actuellement est le passage permis à ceux qui font partie de l'organisme ou du club équestre qui a réalisé l'entente, ou pour le paiement d'un droit de passage journalier. Une des pistes de solution serait au moment de la planification de la randonnée sur l'interface Web, le système calculerait un tarif relié aux droits de passage de l'ensemble des tronçons à parcourir et l'utilisateur aurait une facture à la fin qui serait redistribuée aux organismes de droit.

Le projet compte aussi avec une limitation technique. Le schéma d'application n'est pas encore intégré sur le serveur cartographique Geoserver. Normalement, le GML est transporté par la norme WFS via le serveur GeoServer, mais dans l'état actuel, le système utilise le GML comme une simple structure de données en passant par le serveur de base de données (PostgreSQL/PostGIS). Cela veut dire que la base de données a été créée à partir du schéma GML et que cette structure permet la réponse de requêtes plus complexes, mais les données sont statiques sur le serveur.

Pour que Geoserver prenne en charge le schéma d'application *TrailGML*, il faut télécharger une extension appelée *app-schema plug-in*, disponible dans le site Web du logiciel, et placer les fichiers dans le répertoire *WEB-INF/lib* de l'installation Geoserver. Cette extension qui prend en charge les entités de type complexe nécessite un manuel de répertoire de données

contenant un fichier de mappage XML (*XML mapping file*) et un fichier de données XML (*datastore.XML*) qui pointera vers le fichier de mappage. Ce répertoire contiendra aussi les fichiers de configuration auxiliaire utilisés par Geoserver pour les fonctionnalités simples. Ses configurations feront que Geoserver sera capable d'avoir les fonctionnalités simples et complexes en même temps.

La retombée de cette recherche concerne surtout l'apport des éléments de discussion sur le besoin de la normalisation des données des sentiers au Canada. Un éventuel approfondissement du sujet serait bénéfique à la mise en place du schéma d'application *TrailGML* par les organismes intéressés.

8. Références

- ALBERTA TRAILNET (2016) *Alberta Trail Maps in Albertra TrailNet*, Edmonton, Alberta, www.albertatrailnet.com/for-trail-users/alberta-trail-maps/.
- ALBERTA COMMUNITY DEVELOPPEMENT & ALBERTA TRAILNET *Trail Builder's Companion - For the planning and development of recreation trails in Alberta*. 2001. 185p.
- Batty, M., Hudson-Smith, A., Milton, R. & Crooks, A. (2010) Map mashups, Web 2.0 and the GIS revolution. *Annals of GIS*, vol.16, n° 1, avril 2010, p.1-13, <http://dx.doi.org/10.1080/19475681003700831>.
- Mericskay, B. & Roche, S. Cartographie et SIG à l'ère du Web 2.0 : Vers une nouvelle génération de SIG participatifs. Conférence internationale de Géomatique et Analyse Spatiale (SAGEO 2010), Nov 2010, Toulouse, France. pp.228-242, 2010
- CNS — Coalition Nationale sur les Sentiers (2014) Flaherty vise les sentiers récréatifs de la CNS dans le Discours sur le budget : communiqué de presse. *in* : Nouvelles et actualités, CNS, 11/02/2014. <http://cns.ntc-canada.ca/news.php>.
- Cosma, I-M. (2004) Modèle de données pour la production cartographique sur le Web. Mise en œuvre des représentations multiples en GML, Mémoire de maîtrise, Université de Laval, 2004, <http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/21761/21761.html>
- Cox, S. (2008). Geography Markup Language (GML), p. 195-196, *in* K. Kemp (Ed.), Encyclopedia of geographic information science. Thousand Oaks, CA : SAGE Publications, Inc. <http://dx.doi.org/10.4135/9781412953962.n85>.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2016) Outils météorologiques : Données spécialisées *in* Services Web géospatiaux <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/conditions-meteorologiques-ressources-outils-generaux/outils-donnees-specialisees/services-web-geospatiaux.html>.
- EQUINE CANADA (2016) Loisirs et sentiers, <http://annual-report.equestrian.ca/>
- FGDC — Federal Geographic Data Committee (2011) Federal Trail Data Standards 81p.
- Fondation Open Source Geospatial (2014) About PostGIS *in* PostGIS: spatial and geographic objects for PostgreSQL, Fondation Open Source Geospatial, <http://postgis.net>.
- Fondation Suisse Mobile (2014). La Suisse à vélo, *in* Fondation Suisse Mobile, www.veloland.ch/fr/suisse-a-velo.html
- Galdos Systems Inc. (2015) Top 10 benefits of using GML. *in* The leading geospatial news & educational resources. Geocommunity, Niceville-FL, <http://spatialnews.geocomm.com/features/gml/topten.html>.
- Geoserver (2015). Complex feature. *in* GeoServer 2.7.x User Manual, Open Source Geospatial Foundation, <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/data/app-schema/complex-features.html>.
- Geoserver (2014). Complex feature. *in* GeoServer 2.7.x User Manual, Open Source Geospatial Foundation, <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/data/app-schema/complex-features.html>.
- GeoSciML (2014) GeoSciML - GeoScience Markup Language *in* OGC Network, Open Geospatial Consortium, <http://www.ogcnetwork.net/geosciml>.
- Golodoniuc, P., Cox, S. (2010) Geospatial Information Modelling for Interoperable Data Exchange. Application Schema modelling : from Concept to Implementation,

- https://www.seegrid.csiro.au/wiki/pub/AppSchemas/ApplicationSchemaDesign/eScience2010_PavelGolodoniuc_et_al.pdf
- Google Maps API (2017) Guide du Développeur *in* Service Google Maps Elevation API — Guide du développeur (Google, 2017) Web — Elevation API, Google <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/intro?hl=fr#CreatingElevationCharts>
- GreenInfo Network (2014) Pitkinoutside. GreenInfo Network, <http://www.pitkinoutside.org/map.html>.
- Gröger, G., Plümer, L. (2012) *CityGML – Interoperable semantic 3D city models*, in ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 71, Pages 12-33, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271612000779>.
- Haklay, M., Singleton, A. and Parker, C. (2008), Web Mapping 2.0 : The Neogeography of the GeoWeb. *GeographyCompass*, vol.2, p. 2011–2039.
- Harvey, F. (2008) *A primer of GIS*, Gildford, New York, p. 263-264.
- IMBA — *International Mountains Bicycling Association* (2000) *Trailbuilding Basis*. 10p.
- ISO — Organisation internationale de normalisation (2017) ISO 19136 : 2007 — Information Géographique -- Language de balisage en géographie (GML) <https://www.iso.org/fr/standard/32554.html>
- JQuery Foundation (2014) JQuery API <http://api.jquery.com/>
- Joliveau, Thierry. (2011) Le géoweb, un nouveau défi pour les bases de données géographiques *in L'Espace géographique*, vol. tome 40, no. 2, 2011, pp. 154-163.
- Lu, C. T., Dos Santos Jr, R. F., Sripada, L. N., & Kou, Y. (2007). Advances in *GML* for geospatial applications. *Geoinformatica*, 11(1), 131-157.
- McKee, L. (2005). The importance of going « open ». An OGC White Paper, 8p..
- Mericskay, Boris; Roche Stéphane (2010) Cartographie et SIG à l'ère du Web 2.0 : Vers une nouvelle génération de SIG participatifs. *Conférence internationale de Géomatique et Analyse Spatiale (SAGEO 2010)*, Toulouse, France. pp.228-242, 2010.
- Mericskay, Boris; Roche, Stéphane (2011) Cartographie 2.0 : le grand public, producteur de contenus et de savoirs géographiques avec le Web 2.0 *in Cybergeog : European Journal of Geography in Science et Toile*, document 552. <http://journals.openedition.org/cybergeog/24710>.
- MTQ (s.d). Règles de sécurité routière à cheval, 16p.
- Norman, T. J (2010) Canadian trails study, 73p.
- OGC — Open Geospatial Consortium (2010a) OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard (also ISO 19142), http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39967.
- OGC — Open Geospatial Consortium (2010b). Implementation Standard for Geographic information — Simple feature access — Part 2 : SQL option http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25354.
- OQLG — Office Québécois de la Langue Française (1993), Fiche terminologique « sentier », in Grand dictionnaire terminologique, http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=2079640.
- The OpenLayers Dev Team (2014) OpenLayers, v.3, Open Geospatial Consortium, <http://openlayers.org>
- Parks Canada (s.d.a) *Parks Canada Trail Guidelines — Trail Specifications*, 16p.
- Parks Canada 2 (s.d.b) *Parks Canada Trail Guidelines — user guide*, 20p.

- Parlement du Canada (2014) Mémoire de la coalition nationale sur les sentiers, Parlement du Canada, Ottawa,
http://www.parl.gc.ca/Content/HOC/Committee/411/FINA/WebDoc/WD5138047/411_FINA_PBC2011_Briefs%5CNational%20Trails%20Coalition%20F%208204105.html#_ednref1
- Percivall, G. (2010) The application of open standards to enhance the interoperability of geoscience information. *International Journal of Digital Earth*, vol. 3, n° 1, p.14-30.
- Québec à Cheval (1992) Cahier de norme d'aménagement des sentiers équestres, 102p.
- Québec à Chéval (s.d.) Guide de signalisation et de balisage des sentiers équestres, 14p.
- Reed, C. (2014), Members Orientation : New Members Orientation Slides. 93rd OGC Technical Committee Meeting, Tokyo, décembre 2014;
<https://portal.opengeospatial.org/files/61449>.
- SAAQ — Société de l'assurance automobile. (2017a) Guide de sécurité à vélo 7ed. 24p.
<https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/guide-securite-velo.pdf>
- SAAQ — Société de l'assurance automobile. (2017b) À vélo sur le réseau routier : guide des bonnes pratiques. 23p. <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/velo-reseau-routier.pdf>
- Sentier transcanadien (2017). Explorez le sentier [en ligne] 22 septembre 2016, <http://tctrail.ca/explore-the-trail/> (page consultée le 22 septembre 2016).
- SIMON, Marianne (2015) Mise en Selle : L'équitation en *lumière* in Comment protéger son cheval de la canicule, <http://blog.lefigaro.fr/mise-en-selle/2015/06/comment-protoger-son-cheval-de-la-canicule.html..>
- SPARX SYSTEMS (2016) Entreprise Architect 12.1, Creswick, Australie
<http://sparxsystems.com/>
- SPRA — Saskatchewan Parks and Recreation Association Inc. (2002) *Trail Specification Guidelines*, 34.
- Tang, W., & Selwood, J. (2003). Connecting our world : GIS Web services. ESRI, Inc, 164p.
- The PostgreSQL Global Development Group (2014) PostgreSQL, v.9.5, Linux/Mac OS X/Solaris/Windows, The PostgreSQL Global Development Group, on line;
<http://www.postgresql.org>.
- Wikipedia (2017) *Web 2.0* https://fr.wikipedia.org/wiki/Web_2.0
- Sheng Ye, Feng Xuezhi, Shaotao Yuan and Li Juliang, (2005) *Visualization GML with SVG, Proceedings. 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS '05.*, 2005, pp. 3648-3651.

Annexe 1 — Liste des entités et attributs choisis

Source des Informations :

Parc Canada
Federal Geographic Data Committee, des États-Unis
Cheval Québec
Ajoutés par le chercheur (selon autres sources et/ou autres besoins)

feature type	Système de sentier	French Description
AgencyDataSource	source de données	Description pour identifier la source des données qui est dans la base de données
CharacterString	nom	Le nom pour lequel le segment de sentier est officiellement ou légalement connu
Integer	nombre	L'identifiant numérique ou alphanumérique officiel du sentier
Decimal	longueur	La longueur du segment de sentier ou du sentier
SharedSystem	système partagé	réseau(s) supplémentaire de circulation qui répond à un besoin ou un objectif commun
CharacterString	description du profil	Description générale (ex : plat, vallonné, sections raides courtes, etc.)
TypicalElevationGain	dénivelé typique	(Ex. : 0 — 100 mètre)
CharacterString	points forts	Description pour donner au visiteur une idée de ce à quoi ils peuvent s'attendre, d'une manière non technique. (Ex. : le sentier est une promenade facile à travers une forêt de conifères et vous amènera à une belle plage de sable au long du lac supérieur).
CharacterString	description	Description générale du sentier
Média	image	Image pour présenter le paysage ou un type de sentier
CharacterString	notes	Informations supplémentaires
Use	utilisation	Catégories d'utilisation autorisée/refusée
Rating	évaluation	Évaluation — de facile à difficile
ObstaclesOrStairs	obstacles	Accessibilité (présence d'obstacles)
CharacterString	nom du centre de visiteurs	Le nom du centre de visiteurs
PointsOfInterest	points d'intérêts	Points de l'intérêt pour les visiteurs (jonction de nombreuses sources)
feature type	Segment de Sentier	
Boolean	cartographié	Pour savoir si la piste est cartographiée ou non
CharacterString	nom de la carte	le nom de la carte si les sentiers sont cartographiés
Surface	surface	Le type de surface prédominante que l'utilisateur devrait s'attendre à rencontrer sur le segment
TrailStatus	statut	état physique actuel du sentier ou segment
Date	date de construction	Date approximative de construction
TrailClassification	classe	L'escalade de développement prescrit pour un sentier, représentant sa conception prévue et la gestion des normes
TrailCondition	condition	L'état physique du sentier ou segment de sentier
GM_Curve	géométrie	géométrie
HistoricSignificance	importance historique	L'importance historique officiellement reconnue du segment de sentier
Decimal	longueur	La longueur du segment de sentier
CharacterString	nom	Le nom pour lequel ce segment de sentier est officiellement ou

		légalement connu
RightOfWay	droits de passage	Droit de passage, des permis et des servitudes qui existent ou sont nécessaires le long du segment de piste ou d'un sentier
Services	services	Niveau de services disponibles au long du tronçon de sentier
Feature Type	Marqueurs et de Panneaux Signalisation	
GM_Point	géométrie	géométrie
SignPostAndMarkingType	type	Description du type
QualityOfMarking	qualité du marquage	Niveau de marquage
Feature type	obstacles ou escaliers	
ObstacleDescription	description	Description générale des obstacles
GM_Point	géométrie	géométrie
Boolean	présence	présence ou pas d'obstacles
Feature Type	installations	
CharacterString	description	Description générale
FacilityType	type	Catégorie de l'établissement qui accueille les activités ou fournit des services aux visiteurs
GM_Point	géométrie	géométrie
CharacterString	notes	Notes complémentaires
Boolean	condition	Ouvert/fermé selon la saison
LevelOfFacilitySupply	niveau de l'offre	Identifie la présence d'installations
Média	photo	Photo de l'installation
CharacterString	Catégorie	
Feature Type	Équipement	
GM_point	géométrie	géométrie
CharacterString	description	Description générale de l'équipement
CharacterString	visiteur ciblé	Description de l'expérience désirée au visiteur
Data Type	Balises de sentier	
GM_point	géométrie	géométrie
Integer	nombre	nombre d'identification
Feature Type	Points d'intérêt	
GM_Point	géométrie	géométrie
CharacterString	nom	nom du site
CharacterString	nombre	nombre du site
TypeOfSite	type	type de site
Data Type	Surface	
SurfacePreparation	préparation de la surface	Ex. : pavé, surface naturelle
SurfaceMaterial	type de matériel	compacté, ferme ou stable
Decimal	Largeur moyenne	Largeur moyenne du sentier

Data Type	Usage	
CharacterString	description	Description générale
UseClassification	utilisation conçue	L'exploitation, la conception, la construction, et les paramètres de maintenance et que, en liaison avec la classe de sentier applicable, déterminent les paramètres de conception ou les spécifications techniques qui seront appliquées au sentier
UseClassification	Utiliser réel	L'usage qui est appliqué activement dans le sentier, en fonction de sa conception et gestion
UseClassification	utilisation interdite	mode d'utilisation interdit par l'ordre juridique officiel
Boolean	motorisé interdit	utilisation de véhicules motorisés interdite tout au long de l'année
CharacterString	expérience recommandée	L'expérience nécessaire du visiteur pour utiliser ce sentier
VisitorType	type de visiteurs typiques	Description du type de visiteur approprié
TrailType	Type de sentier	Une catégorie qui reflète la surface prédominante et le mode général de Voyage logés par le sentier
Data Type	Risques	
RiskInspection	inspection	Fréquence des inspections
RiskMitigation	atténuation	Effort pour atténuer le risque
RiskIdentification	identification	précautions et avertissements
Data type	Services	
CharacterString	nom	Nom du service
LevelOfService	niveau de service	Ex. : haut, moyen, ou faible
Data Type	inspection	
Character String	description	Description générale de l'inspection
Date	date d'inspection	date de l'inspection
Character String	inspecteur en chef	Inspecteur responsable
FrequencyOfInspection	fréquence	Fréquence des inspections
Data Type	entretien	
CharacterString	description	Description générale de l'entretien
CharacterString	nettoyage et dégagement	La fréquence de l'entretien
CharacterString	responsable primaire de la maintenance	L'organisme ou groupe qui a la responsabilité de l'entretien principal pour le sentier ou segment de sentier
CharacterString	responsable de la maintenance	L'organisation responsable de l'entretien
Data Type	visiteur	
VisitorsDefinition	définition	description des visiteurs plus fréquents
	Accessibilité	
CharacterString	description	description générale
Accessibility Status	statut	ligne directrice de l'état de conformité d'accessibilité pour les segments de sentier ou sentiers qui sont conçus pour randonneur/piéton/utilisation adaptée
Data Type	saison	

CharacterString	description	Descriptions additionnelles
Season	nom	Nom de la saison
Data Type	gestion	
CharacterString	Organisation administrative	L'organisation administrative à laquelle le segment de sentier ou sentier réside physiquement
Costs	coûts	Coût total pour la gestion du sentier
Inspection	inspection	Toutes les informations sur les inspections
TrailSystem	système de sentiers	Le réseau de voyage que le segment de sentier ou un sentier appartient
CharacterString	système routier	Le réseau routier que le sentier ou le segment de sentier appartiennent (en cas de sentiers dans les routes du système)
CharacterString	organisation responsable	L'unité qui a la responsabilité à long terme pour la gestion du segment de sentier ou d'un sentier
CharacterString	plan d'utilisation des terres	Le document de planification qui fournit de conseil de gestion
SpecialManagementArea	zone spéciale de gestion	Zone, qui peut être une zone d'intérêt particulier, sur lequel le sentier ou segment de sentier traverse
Data Type	Droits de passage	
RightOfWay	type	type d'accord
Integer	numéro de l'entente	nombre de l'accord
CharacterString	responsable de l'entente	organisme responsable de l'entente
Date	début de l'entente	date de début de l'entente
Date	fin de l'entente	date de fin de l'entente
CharacterString	nom du responsable	nom du responsable
CharacterString	coordonnées	coordonnées du responsable
CharacterString	format de l'entente	identifier si c'est une entente verbale ou par écrit
Data Type	coûts	
Decimal	maintenance cyclique annuelle	Coûts annuels ou cycliques des travaux effectués pour maintenir ou réparer les échecs au cours de l'année où ils se sont produits (ou programme préventif/cyclique)
Decimal	Opération cyclique annuelle	Les coûts annuels ou cycliques des activités d'exploitation liées à l'exercice normal des fonctions
Decimal	maintenance différée (pas effectué quand il devrait)	coût pour la manutention qui n'a pas été prévue
Decimal	dernière mise à jour	L'année fiscale dans lequel les données de coûts ont été mises à jour
Decimal	construction d'améliorations	coût de la construction, l'installation ou l'assemblage d'une nouvelle structure, une modification importante, l'expansion ou l'extension d'une structure pour permettre un changement de finalité
Data Type	Emplacement	
CharacterString	municipalité	Ville, village ou communauté
CharacterString	État	État (ou territoire)
CharacterString	pays	Pays, arrondissement ou paroisse dans lesquels le segment de sentier ou sentier réside physiquement
CharacterString	juridiction	Le droit de contrôler ou de réglementer l'utilisation d'un sentier (autorité, pas nécessairement la propriété)
TrailSystem	unité administrative du sentier	(catégorie générale)

Data Type	médias	
CharacterString	photo	photo du sentier ou du point d'intérêt
CharacterString	film	film du sentier ou du point d'intérêt

Codelists

Code List	zone de gestion spéciale
GreenArea	zone verte
IndianReserve	réserve indienne
MetisSettlement	établissements Metis
NationalPark	parc national
NaturalArea	zone naturelle
ProvincialPark	parc provincial
ProvincialRecreationArea	zone de loisir provincial
PrivateLand	terrain privé
PublicLand	terre publique

Code List	Classification d'utilisation
AllTerrainVeicle	véhicule tout terrain
CrossCountrySky	ski de fond
Cycling	cyclisme
DogSled	traîneau à chiens
Equestrian	équestre
FourWheelDrive	véhicule quatre roues motrices
Motorcycle	motocyclette
MotorizedWatercraft	véhicule marine motorisé
NonMotorizedWatercraft	véhicules marines non motorisés
NotSpecified	non précisé
PackAndSaddle	cheval de bât
Snowmobile	motoneige
Snowshoes	raquettes
WalkingAndHiking	promenades et randonnées

Code List	Agence Source de données
1	cheval Québec
2	parc Québec
3	parc Canada
4	autre
5	club équestre
6	parc régional
7	camping équestre
8	centre touristique équestre
9	auberge
10	privé

Code List	Type d'Installation
1	banc
2	pont
3	autre passage d'eau
4	toilette extérieure

Code List	Description des Obstacles
	peu
	rare
	commun
	N / A

Code List	Qualité de marquage
	niveau maximal d'Information fourni
	niveau modéré Information fourni
	niveau minimal — aucune information fournie
	N / A

Code List	Identification des risques
	identification très détaillée
	identification modérément détaillée
	identification faiblement détaillée

Code List	Inspection des risques
	hebdomadaire
	mensuel
	sur commentaire de visiteur
	saisonnier
	annuel
	N / A

Code List	Atténuation des risques
	effort maximal
	effort modéré
	faible effort
	bas ou peu d'effort

Code List	Points d'intérêt
	marché des fermiers
	site historique
	zone de repos
	point d'observation de la vie sauvage
	site d'intérêt spécial
	musée
	cascade
	Lac
	rivière
	Activités équestres
	point de vue

5	terrain de stationnement
6	toilette sèche
7	toilettes
8	salon
9	salle de réception
17	refuge
10	pont couvert
11	ponceau
18	enclos
13	clôture
14	Cabane à sucre
16	bâtiment
15	attache à cheval
12	enclos pour cheval
19	aréna couvert
20	aréna en plein air
21	manège extérieur
22	Point d'eau
23	zone d'utilisation quotidienne
24	terrains de camping en groupe
25	hôpital
26	point d'information
27	tête de sentier
28	abri
29	abri pour pique-nique
30	camping sauvage
31	poste de garde
32	aire de camping
45	chalet
33	gîte à la ferme
46	auberge
47	enclos portatif
34	enclos fixe
35	enclos avec abris
36	écurie
37	relais pour chevalier
38	maréchal ferrant
39	vétérinaire
40	zone de pique-nique
41	point d'eau
42	rebuts
43	restaurant
44	toilettes
	Dainage

Code List	niveau de service
1	haute
2	faible
3	modérer
4	N / A

Code List	Système partagé
	sentier aquatique
	route
	sentier de neige
	sentier de terre/classique

Code List	Droits de passage
Boolean	autorisation nécessaire
	droit de passage existant
	Bail existant
	permis existant
	droit de passage temporaire existant

Code List	Trail Classification
	minimalement Développé
	modérément Developpé
	développée
	très Developpé
	entièrement Developpé

Code List	état du sentier
	complètement fonctionnel
	Réparation/entretien mineure nécessaire
	pas Fonctionnel
	modification/extension/nouvelle construction nécessaire

Code List	statut du sentier
	retirés de service
	existant
	prévu
	inconnu

Code List	type de sentier
	Sentier de terre classique
	Sentier de neige
	Sentier aquatique

Code List	Type de visiteur
	tous
	la plupart des visiteurs
	Visiteurs qualifiés
	Visiteurs avec Expérience exceptionnelle

Code List	Niveau de facilité d'approvisionnement
	niveau maximal d'installations destinées aux visiteurs
	niveau modéré d'installation aux visiteurs
	niveau minimal d'installations aux visiteurs
	pas d'installations aux visiteurs

Code List	Dénivelé typique
-----------	------------------

Code List	Panneau de Signalisation et Marquage
1	Panneaux d'interprétation
2	marqueurs d'itinéraire
3	Information de tête de sentier
4	cartes d'orientation du sentier

Code List	Définition des visiteurs
1	compréhension générale des risques
2	pas autosuffisant au moment d'un Incident
3	ne comprends pas tous les risques
4	partiellement autosuffisant au moment d'un Incident
5	autosuffisant au moment d'un Incident
6	compréhension des risques

Codelist	classement
1	facile
2	modérer
3	difficile

Code List	Matériel de surface
1	asphalte
2	traitement de surface bitumineuse
3	morceaux de bois
4	sol compacté
5	béton
6	agrégée concassé ou gravelle
7	sol gelé
8	matériel en béton importé
9	matériel en vrac importé
10	matériel natif importé
11	Matériau natif
12	autre
13	pavé
14	concrète avec béton Portland
15	neige
16	barrière à péage
17	eau
18	terre noire
19	marécageux

Code List	Préparation de surface
1	Corridor propre
2	créer la drainage

	plat a doucement onduleux/0-100m
	doucement onduleux avec courte section raide/0-1000m
	onduleux avec longue section raide/0-1000+
	N/A

Code List	Saison
	été
	hiver
	printemps
	l'automne
	chasse

Code List	Type de Site
1	géologique
2	paléontologique
3	botanique

Code List	Accord Format
1	verbal
2	écrit

Code List	Accès d'urgence
1	motocyclette
2	voiture
3	vtt
4	piéton

Code List	Équestre
	Installations pour chevaux
	type

Code List	EquestrianType
	équitation sur selle
	équitation en attelage

Code List	centre équestre/club équestre
	nom
	responsable

DataType	aménagement
Developer	promoteur
CharacterString	chef de projet
CharacterString	responsablePlanification
CharacterString	responsableDeveloppement
CharacterString	responsableConstruction

3	remplir les trous
4	compacter la surface
5	réparation de fissures
6	N/A

Code List	Statuts de Accessibilité
	accessible
	pas accessible
	non évalué

Code List	enlèvement du chablis
	quand demandé
	saisonnier
	annuel
	N / A

Code List	Fréquence d'inspection
	hebdomadaire
	mensuel
	lors de commentaire de visiteur
	saisonnier
	quand requis lors de commentaire de visiteur
	annuel

Code List	Importance historique
	éligible
	non éligible
	énuméré
	non évalué

ring	
CharacterSt	
ring	responsableEntretien

Code List	Promoteur
	proprietaireDuCentreEquestre
	clubEquestre
	municipalité
	comiteActeursInteressés

Code List	Type de promenade
	longTrajet
	Utilisation journalière

Code List	TraceDuSentier
	longueDistance
	enBoucleUtilisationJournalière
	detourQuandPisteDetrempe
	pointDeDepart
	cheminAccess

Code List	typeSentier
	Linéaire
	périphérique
	boucleSimples
	boucleSatellite
	bouclesContigues

Code List	Point d'eau
	Lac
	Ruisseau
	Citerne
	Abreuvoir

Annexe 2 - Le schéma d'application UML

